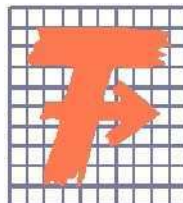
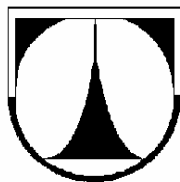


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2010

Bc. TEREZA PECHÁČKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Studijní program: N3108 Průmyslový management
Studijní obor: Produktový management – Strojírenství

**Polopropustné membrány s nanovláknny
v oděvech**

**Semipermeable membranes with nanofibres
in clothing**

Bc. Tereza Pecháčková

KHT - 038

Vedoucí diplomové práce: Ing. Aleš Gardin, MBA
Konzultant diplomové práce: Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.

Rozsah práce:

Počet stran 67
Počet obrázků 33
Počet grafů 5
Počet tabulek 20
Počet příloh 1

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Akademický rok: 2009 / 2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení:	Bc. Tereza Pecháčková
Studijní program:	N3108 Průmyslový management
Studijní obor:	Produktový management – Strojírenství
Název tématu:	Polopropustné membrány s nanovláknny v oděvu
Zadávající katedra:	Katedra hodnocení textilií

Zásady pro vypracování:

1. Charakterizujte inovativnost polopropustné membrány s nanovláknny a porovnejte se současnými membránami.
2. Analyzujte tržní segment, ve kterém se předpokládá uplatnění polopropustných membrán s nanovláknny z pohledu velikosti trhu a jeho vývoje a struktury.
3. Identifikujte substituční polopropustné membrány, potenciální zákazníky, popř. partnery pro vývoj polopropustných membrán s nanovláknny v daném segmentu trhu.
4. Proveďte základní technicko-ekonomické zhodnocení polopropustných membrán s nanovláknny.
5. Diskutujte příležitosti a překážky zavedení inovativních polopropustných membrán s nanovláknny v daném tržním segmentu a vyhodnoťte jejich míru potenciálu uplatnění v daném tržním segmentu.
6. Odhadněte a diskutujte vliv různých faktorů, časový horizont pro zavedení takových produktů na trh.

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne 6.12.

.....
Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Aleši Gardiánovi z firmy Elmarco a konzultantovi Ing. Jiřímu Chaloupkovi z katedry netkaných textilií za odbornou pomoc a konzultace k této diplomové práci.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Romanu Knížkovi za poskytnutí veškerých odborných informací, rad a připomínek. Také bych chtěla poděkovat firmě Sport Schwarzkopf za poskytnuté vzorky. A nakonec bych chtěla poděkovat všem, kteří mi pomáhali a podporovali při zpracování této diplomové práce.

Abstrakt

Cílem této práce je literární rešerše o nanovlákněných membránách obsažených v oděvech. Průzkum trhu s oblečením, ve kterém jsou zakomponovány současné vyráběné membrány. A zjistit, zda-li je možné použít nanovláknennou membránu za přijatelnou cenu ve funkčním oblečení.

Klíčová slova

Nanovláknna, membrány, sportovní oblečení, transportní vlastnosti, průzkum trhu

Abstract

Tendency of this works is literature retrieval about nanofibers membranes included in gardments and market research about clothing with current producing of membranes. Find out, if nanofibers mambranes can be use in functional clothes for acceptable price.

Key words

Nanofibers, membráně, outdoor textiles, protective garments, transport properties, market research

OBSAH

SEZNAM SYMBOLŮ, ZKRATEK A TERMÍNŮ.....	9
ÚVOD.....	10
TEORETICKÁ ČÁST	11
1 Co je membrána	11
1.1 Základní rozdělení membrán	11
1.1.1 Porézní membrány	11
1.1.2 Neporézní membrány.....	12
1.2 Požadavky na membrány používané ve svrchním sportovním oblečení	13
1.2.1 Nepromokavost	13
1.2.2 Větruvzdornost / prodyšnost.....	14
1.2.3 Paropropustnost	14
1.3 Výrobci membrán pro český trh outdoorového oblečení.....	15
1.3.1 Gore	15
1.3.2 Tilak	16
1.3.3 Sympatex	16
1.3.4 Humi outdoor.....	17
1.3.5 Phenix	17
1.3.6 Tomen Corporation.....	17
1.4 Trh pro outdoorové oblečení.....	18
1.4.1 Český trh pro outdoorové oblečení.....	18
1.4.2 Popularita outdoorového oblečení	19
1.4.3 Vývoj outdoorového trhu.....	19
1.4.4 Zhodnocení	21
1.5 Vlastnosti materiálů používaných v textiliích pro sportovní outdoorové oblečení.....	21
1.5.1 GORE-TEX membrána.....	21
1.5.2 WINDSTOPPER membrána.....	24
1.5.3 Sympatex membrána.....	25
1.5.4 BlocVent	28
1.5.5 Dermizax® EV 3L.....	29
2 Co je nanotextilie	30
2.1 Nanotextilie.....	30
2.2 Metoda elektrostatického zvlákňování	30
2.3 Metoda nanospider.....	31
2.4 Studie nanovláknenných membrán	32
2.4.1 Použití polyuretanu	33
2.4.2 Využití nanovláknenných vrstev	34
2.4.3 Zhodnocení	34
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	35
3 Experiment.....	35
3.1 Obrazová analýza.....	36
3.1.1 Vzorek 2 – dvouvrstvý materiál.....	36
3.1.2 Vzorek 3 – dvouvrstvý materiál.....	38
3.1.3 Vzorek 4 – dvouvrstvý materiál.....	40
3.1.4 Vzorek 5 – třívrstvý materiál	42
3.1.5 Vzorek 6 – dvouvrstvý materiál.....	43
3.2 Zhodnocení výsledků z obrazové analýzy pro vícevrstvé materiály	45

3.2.1	Nanovláknenná membrána č.1	46
3.2.2	Nanovláknenná membrána č.2	47
3.2.3	Mikroporézní membrána	48
3.3	Zhodnocení výsledků obrazové analýzy pro samostatné membrány	49
3.4	Měření prodyšnosti	50
3.5	Měření propustnosti vodních par	51
3.6	Měření hydrostatické odolnosti textilií	53
3.7	Celkové zhodnocení větruvzdornosti, paropropustnosti a voděodolnosti	54
4	Cenová kalkulace vzorku č.6 - laminát s nanovláknennou membránou	56
4.1	Technické a výrobní zhodnocení	56
4.2	Ekonomické zhodnocení	57
4.2.1	Nákladová cena samotné nanovláknenné vrstvy	58
4.2.2	Nákladová cena laminace krycí ochranné vrstvy	59
5	Závěr	61
POUŽITÁ LITERATURA		62
PŘÍLOHA		65

SEZNAM SYMBOLŮ, ZKRATEK A TERMÍNŮ

q_o	- tepelný tok procházející nezakrytou hlavicí [W/m^2]
q_v	- tepelný tok procházející měřicí hlavicí zakrytou měřeným vzorkem [W/m^2]
Max.	- maximum
Min.	- minimum
Ret	- výparný odpor [$m^2.Pa/W$]
KHT	- Katedra Hodnocení Textilií
KNT	- Katedra Netkaných Textilií
KTM	- Katedra Textilních Materiálů
P_a	- parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa]
P_m	- nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavice [Pa]
PE	- polyethylen
PEE	- polyester éteru
PES	- polyester
PP	- polypropylen
PTFE	- polytetrafluorethylen
PU	- polyuretan
RH	- relativní vlhkost
S_c	- celková plocha
SEM	- Scanning Electron Microscopes
S_p	- plocha pórů
T	- teplota vzduchu
TUL	- Technická Univerzita v Liberci
Ψ	- porosita [%]

ÚVOD

Využití nanovláknenné vrstvy jako mikroporézní membrány ve svrchním outdoorovém oblečení je jedním z možných variant využití nanovláknenných vrstev. V jiných průmyslových odvětvích nanovláknenné vrstvy už plní svou funkci, ale pro splnění své funkce v oděvním průmyslu stále čeká.

Pod pojmem outdoorové oblečení či outdourové aktivity si můžeme představit venkovní funkční oblečení pro různé druhy sportů provozujících v přírodě za jakéhokoli počasí a v jakékoli intenzitě. Oblečení pro outdoorové aktivity by mělo chránit před větrem a venkovním počasím, vyrovnávat rozdíly mezi venkovní teplotou a teplotou lidského těla, mělo by být na oblékání komfortní a také dobře vypadat. Ke všem těmto funkcím konečného výrobku napomáhá, jak vhodný vrchový či podšívkový materiál, tak hlavně správně zvolená membrána.

Aby svrchní oblečení dobře fungovalo, nemělo by se zapomínat na vhodné vrstvení i spodních vrstev. Základní komfortní vrstvu, která je přímo na těle, tvoří syntetické nenasákavé materiály, které odvádí tělesnou vlhkost rychle od těla ven, a tím udržuje tělo v suchu. Druhá a třetí vrstva v sobě kombinuje vlastnosti izolační vrstvy a ochranné vrstvy. Poslední vnější ochranná vrstva hraje klíčovou roli v systému oblečení. Musí uchovávat izolační vrstvy pod sebou suché, aby se zabránilo nežádoucím ztrátám tepla. To znamená, že musí být nepromokavá a současně prodyšná a větruvzdorná. Na vrchní vrstvu se používají různé materiály s membránou – lamináty, zátěry anebo materiály s impregnací. V této práci se budeme právě touto poslední vrstvou zabývat.

Tato diplomová práce popisuje vlastnosti mikroporézních a neporézních membrán, nanotextilií a současných používaných vrstvených materiálů. Jsou zde uvedeni výrobci současných laminátů s membránami a výrobci outdoorového oblečení z těchto laminátů. Zkoumá trh oděvní výroby s vrchními funkčními materiály. Dále, v experimentální části na dvou a třívrstevných laminátech a na nanovláknenných a mikroporézních membránách jsou měřeny bariérové a komfortní vlastnosti: voděodolnost, prodyšnost / větruvzdornost a propustnost vodních par. Na těchto vzorcích je provedena i obrazová analýza. Na konci této práce je za pomoci společnosti Elmarco vypočítaná cena případného vrstveného materiálu s nanovláknennou membránou.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Co je membrána

Membránové materiály vznikají spojením membrány a nosné tkaniny. Membránou pak rozumíme tenkou vrstvu polymerního materiálu. Tloušťka membrány se pohybuje v jednotkách mikrometrů. Pro porovnání na obr. 1 jsou znázorněny membrány od firmy Sympatex a k nim vybrané konkurenční membrány. Vrstvené materiály s membránou se mohou označovat i jako lamináty, protože ke spojení membrány a nosné tkaniny je použito laminování. Membrána má ve vrstveném materiálu za úkol nepropustit vodu zvenčí, ale umožnit prostup vodních par. Materiál pro membránu se nejčastěji používá polytetrafluoretylen (PTFE), polyester (PES) nebo polyuretan (PU). Vrstvené materiály se dále dělí podle provedení spojení membrány se svrchním či podšívkovým materiálem, případně může být membrána volně vložena mezi vnější materiál a podšívku [1].

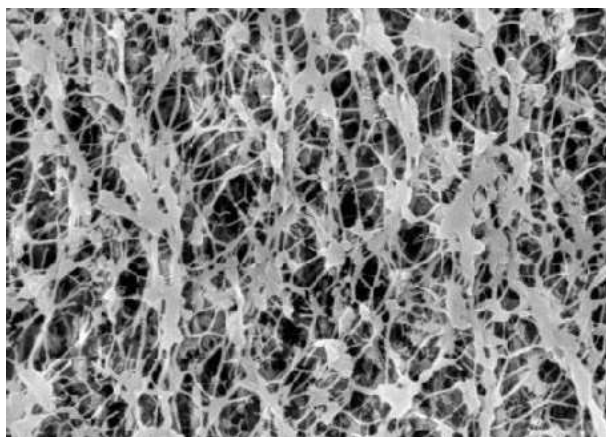
		Sympatex	Konkurenční
5 μm	————	PEE	
10 μm	=====	PEE	PU
15 μm	=====	PEE	PU
18 μm	=====	PU	PTFE
25 μm	=====	PEE	PU
40 - 100 μm	=====		zátěr

Obr. 1: Přehled tloušťky membrán

1.1 Základní rozdělení membrán

1.1.1 Porézní membrány

Na obr. 2 je zobrazena mikroporézní membrána. Příkladem této membrány je GORE-TEX® membrána, která má 1,4 miliardy mikroskopických pórů na jeden centimetr čtverečný. Tyto póry mají obvod 20 000x menší než molekula vody přesto jsou 700x větší než molekula páry. Díky tomu je membrána prodyšná a voděodolná. Problém mikroporézních membrán nebo zátěrů je, že se po určité době mohou póry zanášet a musí se tudíž speciálně ošetřovat [1].



Obr. 2: Snímek mikroporézní membrány

1.1.2 Neporézní membrány

Neporézní membrána nebo zátěr nemá žádné póry, jedná se o zcela neporézní povlak. Přenos vlhkosti je založen na chemicko-fyzikálním principu, kdy se voda na určitou dobu stává součástí membrány - vzniká vazba molekul vody na materiál membrány. Membrány absorbují vlhkost na jedné straně a na druhé straně vlhkost odpařují. Kondenzující voda nebo pot na vnitřní straně membrány nebo zátěru je rozváděn do vlastního materiálu a chemicky transportován navenek.

Výhodou oproti porézním membránám je, že materiál je na povrchu hladký a nevstřebává tuk, tím nedochází k ucpání pórů. Chová se jako textilie, nikoliv jako folie.

Tento princip využívá například SYMPATEX membrána z modifikovaného PES, která je zobrazena na obr. 3. 70% membrány tvoří polyester a 30% polyether. Složka polyetheru je hydrofilní a přitahuje vodní páry, transportuje je skrze membránu, zatím co polyesterová složka se stará o voděodolnost a větruvzdornost membrány [1].



Obr. 3: Snímek membrány Sympatex

1.2 Požadavky na membrány používané ve svrchním sportovním oblečení

Hlavní úloha svrchních sportovních oděvů spočívá v ochraně lidského těla, jak proti chladu, tak stejně i proti teplu. Z vývoje materiálů vyplynuly speciální vlastnosti, které by neměly být opomíjeny při výrobě ochranných oděvů. Například dobré tepelné vlastnosti pro sport v chladném počasí, aerodynamické vlastnosti pro sjezdové lyžování a plavání, prodyšnost a voděodolnost pro outdoorovou činnost, síla, odolnost vůči mechanickému namáhání [2].

V chladném, větrném a deštivém počasí naše tělo potřebuje udržet teplo uvnitř oděvu, proto u oděvu je důležitá jeho větruvzdornost a voděodolnost. Ale aby nedošlo k diskomfortu, musí se zachovat jeho paropropustnost. Naopak v teplém slunečném počasí naše tělo potřebuje dýchat, odvádět teplo od těla ven, aby se nepřehřálo. Toho docílíme prodyšným a paropropustným oděvem. V teplých měsících se setkáváme i s vydatným deštěm, kdy chceme, aby nás oděv uchránil před proniknutím vody a zároveň byl prodyšný. Docílením všech těchto vlastností při různém počasí a různých aktivitách se nesmí zapomenout i na správné vrstvení oblečení.

Membrány u funkčního sportovního oblečení obecně zajišťují, že odpařený pot může procházet přes membránu ven a vnější vlhkost nepronikne dovnitř. Každý materiál označovaný jako membrána musí mít základní vlastnosti jako jsou propustnost vodních par, udávanou ve většině obchodů jako prodyšnost, odolnost proti působení deště a tlaku vody, nebo-li nepromokavost a odolnost proti proniknutí větru anebo naopak prodyšnost. Čím více jsou vlastnosti textilií s membránami lepší, tím lépe se naše tělo cítí při vydávání maximálního výkonu za jakéhokoliv počasí.

1.2.1 Nepromokavost

Hydrostatická odolnost sportovních oděvů se stala v posledních letech velmi důležitým parametrem jejich kvality. Polopropustné textilie jsou nepropustné pro kapalnou vlhkost jen do jisté míry. Klasické porézní membrány jako je PTFE sice dosahují za klidu určitých hodnot nepromokavosti, ale vlivem nošení, ohýbání, natahování nebo nevhodným praním (kroucením) se póry v zatěžovaných místech roztáhnou, nepromokavost postupně klesá a po čase může docházet k promokání tak exponovaných míst, jako jsou například ramena pod popruhy batohu, lokty, kolena a ohyby u bot. Neporézní struktura membrány je proto zde velkou výhodou. Neporézní

membrána je kompaktní, velmi pružná a vlivem natahování při běžném používání nehrozí jakékoliv poškození membrány, které by mělo za následek snížení odolnosti proti tlaku [3].

1.2.2 Větruvzdornost / prodyšnost

Při fyzickém zatížení vytváříme teplo, které podle počasí chceme odvést od těla ven anebo uchovat mezi tělem a oděvní vrstvou. Odvést teplo od těla, z oděvního systému je možné, pokud vnější vzduch je chladnější. Žádaná prodyšnost je u sportovních oděvů, jako jsou například dresy, ale naopak nežádoucí u zimního oblečení, kde vyžadujeme větruvzdornost.

Větruvzdornost se řadí mezi velmi důležité vlastnosti, které se musí hodnotit. Se stoupající rychlostí větru naše tělo vnímá nižší teplotu vzduchu. Například tělo vystavené prudkým závanům přibližně 46km/h při vnější teplotě 5°C chápe teplotu kolem -6°C podle tab. 1. Proto je důležitá ochrana před sychravým a větrným počasím.

Tab. 1: Vnímání tepla při určité teplotě vzduchu a rychlosti větru[4]

rychlost větru		Ekvivalentní teplota °C				
m/s	km/h					
0 = bezvětří		10	5	0	-5	-10
2,5	9,0	8	4	-3	-9	-14
5,0	18,0	6	2	-6	-13	-18
7,5	27,0	4	0	-9	-17	-22
10,0	36,0	2	-3	-12	-21	-26
13,0	46,0	0	-6	-15	-25	-30
15,5	55,8	-2	-9	-18	-29	-34
18,0	64,8	-4	-12	-21	-33	-38
20,5	73,8	-6	-15	-24	-37	-42

1.2.3 Paropropustnost

Fyzická námaha produkuje vlhkost, která musí být rychle odvedena od těla pryč, dřív než bude naše tělo ochlazovat. Optimální prodyšnost membrány napomáhá k regulaci teploty našeho těla a zamezuje nadměrnému přehřívání nebo podchlazení. Tvoří ty nejlepší podmínky pro optimální osobní výkon. Za deště dojde k mezní situaci, kdy je celá vnější strana oděvu pokryta vodou. Porézní membrána má nyní zalité všechny póry a její propustnost vodních par je nulová. I u neporézních membrán

propustnost vodních par je velmi nízká. A však díky větším mezimolekulárním mezerám, způsobených rozdílem vnější a vnitřní teploty, transport par stále probíhá.

Paropropustnost textilie se vyjadřuje hodnotou Ret měřenou v jednotkách $\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$, čili energii, která je nutná k odpaření určitého množství vody při jasně specifikované teplotě a vlhkosti. Čím je hodnota Ret nižší (tedy nižší energie potřebná pro odvod vody), tím je látka prodyšnější. Hodnocení paropropustnosti v tab. 2 je uvedeno dle normy ISO 11092 [5]. Většina výrobců, ale uvádí paropropustnost v $\text{g}/\text{m}^2\cdot 24\text{h}$.

Tab. 2: Klasifikace látek v jednotkách Ret [5]

Ret < 6	velmi dobré	> 20 000 $\text{g}/\text{m}^2\cdot 24\text{h}$
Ret = 6 až 13	dobré	9 000 – 20 000 $\text{g}/\text{m}^2\cdot 24\text{h}$
Ret = 13 až 20	uspokojivé	5 000 – 9 000 $\text{g}/\text{m}^2\cdot 24\text{h}$
Ret > 20	neuspokojivé	< 5 000 $\text{g}/\text{m}^2\cdot 24\text{h}$

1.3 Výrobci membrán pro český trh outdoorového oblečení

S výrobou membrán je pevně spjata výroba funkčním laminátů, určených pro sportovní outdoorové aktivity. Mezi nejvíce známé funkční membrány patří membrána Gore-Tex od firmy Gore. Na goretex mají licenci například firmy Tilak, Kama, Warmpeace. Další významnou membránou je membrána Sympatex od firmy Sympatex. Na sympatex mají licenci například firmy Humi, Hiko, Alpine Pro, Tofi, Maier.

Na našem trhu se objevují i japonští výrobci membrán a laminátů pod obchodními značkami BlocVent, Dermizax, Entrat DT. Tyto a řadu dalších materiálů používají čeští výrobci sportovního funkčního oblečení jako jsou například HighPoint a Directalpine.

1.3.1 Gore

Firma GORE® má široké pole působnosti - od výrobků pro farmaceutický průmysl, přes architekturu, až po elektrochemické materiály. V odvětví textilního průmyslu vyrábí materiály na vnější ochranné oděvy, jako je GORE-TEX® a WINDSTOPPER® [6].

Technologie goretexové tkaniny způsobila revoluci ve vlastnostech tkanin pomocí řízené pórovitosti v unikátní mikrostruktuře. Membránová technologie, moderní

polymery a materiály byly vyvinuty pro splnění konkrétních kritérií pro venkovní aktivity, stejně jako pro pracovní a průmyslové využití [6].

GORE doplňuje svou odbornost v membránové technologii s hloubkovou znalostí vlastností tkanin a polymerové technologie. Kombinace rozvoje moderních lepidel, nátěrů, povrchových úprav tkanin a švů vytváří těsnící materiály, které zajišťují trvalý, vysoce účinný oděv a obuv. GORE-TEX materiály nabízí výjimečnou pevnost, pevnost v oděru a tuhost v porovnání s dalšími umělými vlákny, včetně dalších PTFE vláken [6].

1.3.2 Tilak

Firma Tilak je licencovaným výrobcem oděvů z materiálu GORE-TEX®, WINDSTOPPER® a POLARTEC® se sídlem v ČR v Šumperku. Tilak nabízí maximální možnou kvalitu, která začíná precizní návrhářskou přípravou, na které se podílí špičkové designové studio Acronym z Mnichova. Výrobu uzavírá speciální technologie lepení za vysoké teploty a tlaku. Několikrát denně zde probíhají zkoušky vodotěsnosti [7].

1.3.3 Sympatex

Na přední místo ve světě se dostává Sympatex - vysoce vyspělá technologie funkčního systému pro oděv, obuv, doplňky a lékařské technické aplikace. Důmyslnou technologií Sympatexu je výbava pro podporu a širokou variabilitu vrstvených materiálů (kombinace membrán a nosných tkanin), které mohou být složeny podle specifického požadavku a funkčnosti. Přes svou lehkost garantuje již už zmíněnou optimální funkčnost a vysokou mechanickou odolnost [8].

Německá firma SYMPATEX TECHNOLOGIES GMBH měla svoji ochrannou známku jako značku již v roce 1986, kdy podala první textilní výrobky na trh. Sympatex je moderní, inovovaná a zodpovědná vysoce účinná značka šetrná k životnímu prostředí s vysoce technicky vyspělými materiály pro oblečení, obuv a rukavice. Úroveň značky společnosti má v podvědomí přes 70% německy mluvících zemí. Více než 30 let Sympatex vyvíjí moderní funkční systém, ve kterém se v zásadě doplňuje pokročilá technologie a ochrana životního prostředí. PTFE volná Sympatex membrána je uznána Oeko-Tex Standard 100 and bluesign® [8].

1.3.4 Humi outdoor

Společnost HUMI OUTDOOR s.r.o. je licencovaným výrobcem oděvů z materiálu SYMPATEX Phaseable, na který má jako jeden z mála českých výrobců licenci. Získat ji není zdaleka jednoduché. Výrobek prochází náročnými testy přímo v centrále firmy v Německu, kde se hodnotí nejen zakomponování materiálu do bundy samé, ale i střih, kvalita švů a posouzení samotného výrobku v sebemenších detailech [9].

1.3.5 Phenix

Japonská firma Phenix vyrábí materiály pod značkou DiAPLEX, což je označení pro špičkovou membránu, která se přizpůsobuje teplotě těla. Například tato membrána je součástí předních dílů všech větruodolných cyklistických vest. Tato špičková tkanina se při prudkých sjezdech nebo při protivětru promění v izolující ochranou bariéru, zároveň ale v okamžiku, kdy se vaše tělesná teplota opět zvýší, odvede přebytečnou vlhkost okamžitě pryč od těla [10].

1.3.6 Tomen Corporation

Mateřskou společností Tomen Corporation je Toyota. Tato významná japonská textilní firma je výrobcem materiálu GELANOTS a je majitelem této ochranné známky a trvale pracuje na jeho dalším vývoji a zlepšování funkčních vlastností. Mezi její zákazníky patří i řada velmi renomovaných výrobců sportovního a outdoorového oblečení pro evropský a především americký trh. Přesto se s komerční značkou GELANOTS lze setkat jen velmi sporadicky. Na rozdíl od jiných výrobců funkčních materiálů jako jsou GORE-TEX nebo SYMPATEX je obchodní strategie firmy Tomen Corporation zcela odlišná. Věnuje se totiž jen výrobě a vývoji a starost o obchodní značku nechává na svých odběratelích. Většina z těch velkých proto využila možnosti vytvořit si vlastní image a svůj komerční název pro tento materiál, a tím i výhradní právo pro jeho používání [11].

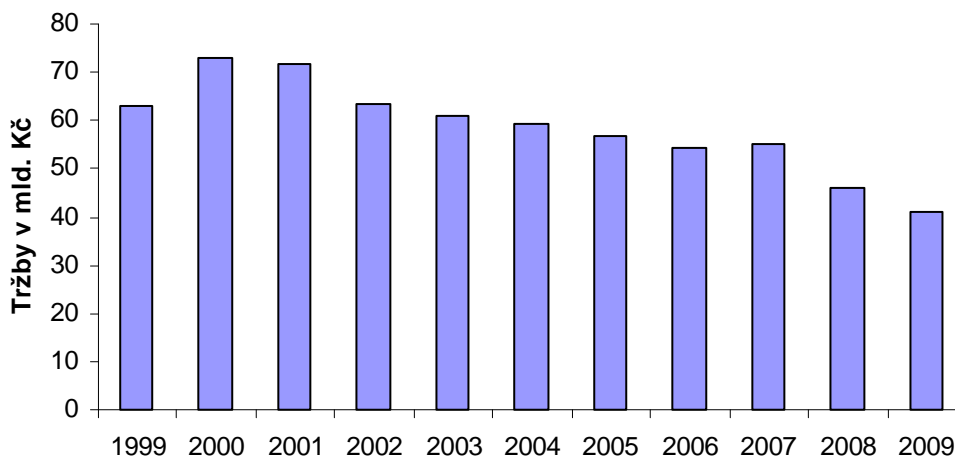
1.4 Trh pro outdoorové oblečení

Služba výzkumu Frost & Sullivan s názvem Světové prodyšné textilní trhy přispěla k růstu prognózy na daném trhu 2006 – 2013. V tomto výzkumu služba Frost & Sullivan, expertní analytici důkladně prozkoumali trh pro laminované textilie a textilie se zátěrem. Intenzivní soutěž a vývoj prodyšných textilií tlačí ceny na trhu dolů, zejména trh v Asii a Tichomoří, kteří se stávají oblíbenou destinací pro výrobu prodyšných textilií. Čínský trh by měl mít veliký dopad na globální trh s prodyšnými textiliemi. Ale vstupováním na trh Asie a Tichomoří by se měl tento dopad snížit. S posilováním trhu v Asii a Tichomoří se zaznamenal určitý pokles výroby prodyšných textilií v Evropě a Severní Americe. Úkolem účastníků trhu je nejen zajistit vývoj produktů, ale i komunikovat s jejich případnými uživateli, o ochotě zaplatit vyšší cenu za tyto produkty [12].

1.4.1 Český trh pro outdoorové oblečení

Česká republika je sice malá svojí rozlohou, ale za to velkým textilním a oděvním výrobcem. Těží z nárůstu investic spojených se vstoupením země do Evropské unie v roce 2004. BMI se řadí na 62. místě ve světě, jde-li o textilní a oděvní výrobu z přidané hodnoty. V nominálním vyjádření se odhaduje, že cena je US \$ 2,03bn v roce 2008. Podmínky na trhu pro průmysl v roce 2009 a 2010 jsou obtížné, kvůli konkurenci nízkých cen asijských výrobců textilu [13].

Tržby textilního a oděvního průmyslu v roce 2009 v Česku klesly meziročně o 10,9 procenta na 41 miliard korun, jak je vidět na grafu 1. Výnosy výrobců textilu se snížily o 10,1 procenta na 33,7 miliardy korun. Ještě méně úspěšní byli producenti oděvů, kterým se za rok 2009 tržby propadly o 14,7 procenta na 7,3 miliardy korun. Vyplývá to z konečných čísel, které poskytla Asociace textilního, oděvního a kožedělného průmyslu (ATOK). Výsledek tržeb je mírně lepší, než asociace odhadovala v lednu. Výsledky oboru ovlivnila hospodářská krize, která srazila poptávku a navíc stlačovala dolů ceny výrobců [14].



Graf 1: Znázornění poklesu tržby textilního a oděvního průmyslu v ČR od roku 2000 do roku 2009

1.4.2 Popularita outdoorového oblečení

Hnací silou životního stylu je růst outdoorových aktivit. Nejnovější průmyslové údaje v 85% ukazují jistou snahu v outdoorových aktivitách, které jsou zveřejněné Evropskou Outdoorovou Společností (EOG). Údaje poskytnuté EOG členy byly analyzovány a ve srovnání s předchozími roky ukázali, že více než 3/4 členů ohlásilo zvýšení prodeje na jejich domácím trhu v roce 2007 se zvýšením o 4%. Životní styl oblékání je i nadále hlavní hnací silou v celém průmyslu s téměř 95% nárůstu. Pokračující popularita outdoorového oblečení pro běžné použití směřuje zákazníky k outdoorovému sektoru. Téměř tři čtvrtiny společností oznámily zvýšení počtu zaměstnanců a více než polovina hlásí nárůst marketingových / propagačních vydání v roce 2007 ve srovnání s předchozím rokem. Pokračující silný růst outdoorového sektoru se odrazil v prodeji – zvýšením domácího i evropského prodeje o 85%, 96% - nárůst prodeje na zbytek světa. Růst bude pokračovat do roku 2008 s tři-čtvrti EOG členů. Evropské outdoorové výsledky tržní zprávy jsou založeny na číslech přijatých od současných členů společně s dalšími dostupnými údaji. Kompletní výsledky tohoto výzkumu jsou vlastnictvím účastníků a jsou k dispozici pouze pro stávající členy Evropské Outdoorové Společnosti [15].

1.4.3 Vývoj outdoorového trhu

64. Mezinárodní odborný veletrh sportovních potřeb a sportovní módy Ispo winter 06 pojal přes 60 000 návštěvníků a 1 806 vystavovatelů, z toho téměř 50 českých

firem. Z veletrhu je možné vyčíst trendy outdoorového trhu a jakými směry se vyvíjí inovace outdooru. Mezi ty nejzásadnější patří: Trend směřující k maximální bezpečnosti na horách (vybavení, technika). Pokračující trend softshellového oblečení a jeho zdokonalování, používání nových „inteligentních“ materiálů a technologií. Kombinování více materiálů na jednom kuse oblečení. Střihové segmenty podporující funkční potřeby jednotlivých částí těla - kombinace nepropustných, strečových a maximálně prodyšných částí. Jasné barvy a střihy zdůrazňující postavu, oblečení přizpůsobující se postavě [15].

Pro vyšší zájem na trhu by se společnosti mohly dále zaměřit i na výrobu nepromokavých, prodyšných textilií s vícefunkčním začleněním, například snížená hořlavost, chemická odolnost, antibakteriální vlastnosti, odstranění zápachu, nebo zvýšení výkonu materiálu při nižších teplotách [12].

Nejlepším možným směrem v České republice je vyrábět specializované produkty s vysokou kvalitou a za konkurenceschopné ceny, zejména v technických textilních odvětvích. Vidíme, že přidaná hodnota textilních a oděvních výrobků poklesla o 8% v roce 2009 a o 2% v roce 2010, zotavení s růstem 3,2% v roce 2011. Tato cesta bude odrážet velmi obtížné mezinárodní ekonomické podmínky, kterým čelí Česká republika. Odvětví obchodu představí také odraz především složité mezinárodní ekonomické situace. Kombinace textilního a oděvního vývozu klesne o 13,9% v roce 2009, na US \$ 3.65bn, a dále odskočí o 5,4% v roce 2010, na US \$ 3.85bn [13].

Outdoorové zboží je jedním z nejdůležitějších částí na trhu sportovních potřeb za posledních 15 let. Díky většímu zájmu o přírodní prostředí a růstu popularity sportů je velmi módní využívání outdoorového vybavení v každodenním životě. Outdoorové sporty získávají na popularitě, a tak podněcují outdoor boom, nordic walking, horolezectví, rafting, kanoistiku a turistiku. Každý rok se zvyšuje procento účastníků kupujících odpovídající vybavení a oblečení.

V Evropě, v Německu je největší outdoorový trh, mající nárůst 2,6% nad ostatními státy v roce 2006. Tato čísla odpovídají velikosti populace, nicméně nenaznačují, že Němci utrácejí podstatně více outdoorovém zboží než jejich evropští sousedé. Pokud jde o výdaje na osobu, Norsko, Švýcarsko a Švédsko jsou na prvním místě. V Evropě prodej outdoorového oblečení dosáhl 2,9 miliardy EUR v roce 2007, 3,6% nárůst oproti předchozímu roku [17].

1.4.4 Zhodnocení

Výroba prodyšných textilií v Evropě klesla vlivem přicházejícího trhu z Asie a Tichomoří. To Evropský trh donutilo inovovat své výrobky, zdokonalovat je, zvyšovat hodnoty funkčních vlastností, komunikovat s potenciálními zákazníky (sdělit jim proč by si měli právě oni za jejich výrobky připlatit).

V České republice za rok 2009 byl zaznamenán pokles tržby v oděvní výrobě o 14,7%. Ale předpověď zotavení trhu textilního a oděvního průmyslu pro rok 2011 je příznivá. Pokles by měl ustát a postupně by se tento trh měl opět pro Českou republiku zvyšovat díky kvalitě výrobků.

1.5 Vlastnosti materiálů používaných v textiliích pro sportovní outdoorové oblečení

Použití samostatné membrány je nereálné, ale použití vhodného vrchového a popřípadě podšívkového materiálu s membránou vzniká kompozit s jedinečnými vlastnostmi. Membráně dodá pevnost vrchový materiál, který musí být dostatečně prodyšný a paropropustný. Vnitřní podšívkový materiál chrání membránu proti poškození z vnitřní strany. Vlastnosti vnitřního materiálu jsou závislé na konečném použití oděvu - má-li oděv hřát nebo chladit.

Kombinace různých vrstev materiálu poskytuje individuální řešení v alpských a outdoorových aktivitách - s rostoucím výkonem a funkčností se musí materiál vypořádat s tělesnou vlhkostí. Základní typ kompozitu se skládá ze 3 vrstev. 1.vrstva zajišťuje přepravu vlhkosti skrze materiál, 2.vrstva je membrána nebo izolační materiál, 3.vrstva dokončuje kombinaci kompozitu a poskytuje lepší funkční vlastnosti celému oděvu [18].

1.5.1 GORE-TEX membrána

GORE-TEX membrána je srdce všech GORE-TEX produktů. Obsahuje přes 1,44 miliard mikroskopických pórů na centimetr čtverečný. Tyto póry jsou 20 000krát menší než kapka vody, ale zároveň 700krát větší než molekula vodní páry, to vytváří GORE-TEX membránu zvenčí zcela nepromokavou, zatímco dovoluje vypustit pot zevnitř. Oleofóbní nebo olej-odpuzející substance je v celistvé vrstvě nanášena na membránu, chrání průnik tělesných olejů a odpuzuje hmyz, který by mohl ovlivnit membránu.

Konstrukce GORE-TEX vrstveného materiálu na obr. 4 je spjatá s GORE-TEX membránou umístěnou mezi vysoce účinnými tkaninami, které jsou neobyčejně dýchatelné. Všechny GORE-TEX materiály jsou voděodolné, větruvzdorné a dýchatelné. Nicméně, je mnoho druhů vnějších materiálů s konstrukcí, která je různě důležitá pro každého z nás: hmotnost, struktura, pevnost v oděru [19].



Obr. 4: Konstrukce GORE-TEX vrstveného materiálu. Gore-tex membrána je umístěna mezi vysoce účinnými tkaninami, které jsou neobyčejně dýchatelné a tak vodní páry mohou odcházet od těla ven. Díky gore-tex membráně neprojde skrz laminát déšť a vítr [20].

GORE-TEX PERFORMANCE SHELL materiál

Oděv z tohoto materiálu je určen pro různé aktivity: lyžování, jízda na kole, lezení po horách, bruslení na in-linech nebo obyčejné procházení. S výrobky GORE-TEX Performance Shell se můžete kdykoli rozhodnout pro jinou sportovní aktivitu, aniž byste se kvůli tomu museli převlékat. Poskytuje prodyšný komfort a trvale nepromokavou ochranu.

GORE-TEX PERFORMANCE SHELL je dostupný ve dvouvrstvé a třívrstvé konstrukci. Dvouvrstvý materiál je pohodlný a poddajný, zatímco třívrstvý je určen pro velmi náročné použití. Textile je vyrobena kombinací měkkého a vysoceúčinného materiálu, membrány a zvláštních podšívek. Dvouvrstvou konstrukci tvoří specifická

GORE-TEX membrána spojena s vnějším materiálem a je chráněna na vnitřní straně samostatnou podšívkou. Třívrstvou konstrukci tvoří specifická GORE-TEX membrána, která je spojena s vnějším materiálem i s vnitřní podšívkou. Jedinečná GORE-TEX podšívka může být použita ke zlepšení vlastností textilie a komfortu. Speciální technologie s použitím Gore-seam pásků 100% zabezpečí vodotěsnost všech švů [20].

Výrobky s GORE-TEX PERFORMANCE SHELL materiálem udávají tyto hodnoty:

Nepromokavost:	50 000 mm H ₂ O
Ret:	< 6 Pa.m ² /W

GORE-TEX PACLITE SHELL

GORE-TEX PACLITE SHELL materiál je vhodný pro turistiku, cyklistiku, běh a jiné sporty, kde potřebujete ušetřit hmotnost a prostor. Kombinuje mimořádnou prodyšnost, trvalou větruvzdornost a nepromokavost s minimální hmotností a malým objemem po sbalení. Membrána je potažena speciální ochrannou vrstvou, takže už není potřebná podšívka a dále je pokryta ochrannou vrstvou, která obsahuje látky odpuzující olej a karbonová vlákna. Vnější textilie je vyrobena z vysoce odolného polyesteru nebo nylonu. Speciální technologie podlepení švů Gore-seam zajišťuje 100% nepromokavost [20].

Výrobky s GORE-TEX PACLITE Shell materiálem udávají tyto hodnoty:

Nepromokavost:	30 000 mm H ₂ O
Ret:	< 6 Pa.m ² /W

GORE-TEX PRO SHELL

Výrobek z tohoto materiálu je vhodný pro náročný den v přírodě. GORE-TEX PRO SHELL je optimálním řešením pro outdoorové profesionály a sportovní nadšence, kteří musejí čelit extrémnímu počasí a náročným podmínkám. Je vyroben z těch nejodolnějších, nejprodyšnějších, trvale nepromokavých a větruvzdorných textilií.

Dostupný ve dvouvrstvé a třívrstvé konstrukci: dvouvrstvý materiál je pohodlný a poddajný, zatímco třívrstvý je určen pro velmi náročné použití. Dvouvrstvá konstrukce: speciální membrána GORE-TEX je spojena s vnější textilií a zevnitř chráněna podšívkou. Dvouvrstvá konstrukce s tepelnou výplní: tepelně izolační vrstva je volně zavěšena mezi dvouvrstvý laminát a podšívku. Třívrstvá konstrukce: speciální membrána GORE-TEX je slaminována s odolnou vnější textilií a speciálně vyvinutou

pevnou podšívku. Speciální technologie podlepení švů Gore-seam zajišťuje 100% nepromokavost [20].

Výrobky s GORE-TEX PRO SHELL udávají tyto hodnoty:

Nepromokavost:	60 000 mm H ₂ O
Ret:	< 5 Pa.m ² /W

1.5.2 WINDSTOPPER membrána

WINDSTOPPER membrána obsahuje 224 milionů mikroskopických pórů na jeden centimetr čtverečný. Tato revoluční struktura je ultra lehká a ultra tenká s vysokou odolností vůči extrémním teplotám. Mikroporézní struktura WINDSTOPPER membrány zajišťuje maximální prodyšnost, kde chladný vítr je držen venku a přitom vlhká pára může snadno unikat skrze materiál ven. Celistvá PTFE část na membráně je hydrofobní, nebo-li voděodpudivá, která drží vnější vlhkost od lidského těla. Tento termoregulační účinek zvyšuje komfort oděvu. WINDSTOPPER textilie kombinuje trvalou ochranu proti větru a vysokou prodyšnost v oděvech, které drží tělesné teplo a jsou komfortní s méně vrstvami a menším objemem. Díky revoluční ultra lehké Gore membráně, WINDSTOPPER textilie je během celé své životnosti odolná, paropropustná a naprosto odolná proti větru. Jelikož chceme dosáhnout optimálního řízení klimatizace založené na naší činnosti, úrovni intenzity a prostředí, konstruuji se různé typy WINDSTOPPER laminátů pro široký rozsah aktivit a povětrnostních podmínek. Konstrukce WINDSTOPPER vrstvené textilie je založena na spojení PTFE membrány k vysoce účinným tkaninám. V závislosti na použití, různorodosti vnějších a vnitřních materiálů se používají dvou až čtyřvrstvé konstrukce pro vytvoření požadované textilie [21].

Vlastnosti WINDSTOPPER materiálu

WINDSTOPPER materiály jsou 100% odolné vůči větru a udrží 2,5krát více vaše tělo v teple než srovnatelné textilie bez WINDSTOPPER® membrány.

WINDSTOPPER produkty jsou 2krát více dýchatelné oproti srovnatelným větru odolným produktům, nabízejí stejnou úroveň dýchatelnosti jako srovnatelné větru neodolné produkty.

WINDSTOPPER nabízí schopnost voděodolnou a sněhuodolnou s rychlejší dobou sušení. Pouze vodovzdorné WINDSTOPPER materiály se souvislou bariérou -

WINDSTOPPER membránou dlouhodobě odolávají vodnímu vstupu do tkaniny. Proto mohou nabízet spolehlivou ochranu proti dešti a sněhu i při více opakovaném praní.

Všechny WINDSTOPPER oděvy jsou zhotoveny z měkkých a pružných materiálů dávajících větší volnost pohybu a pohodlí pro lepší výkon.

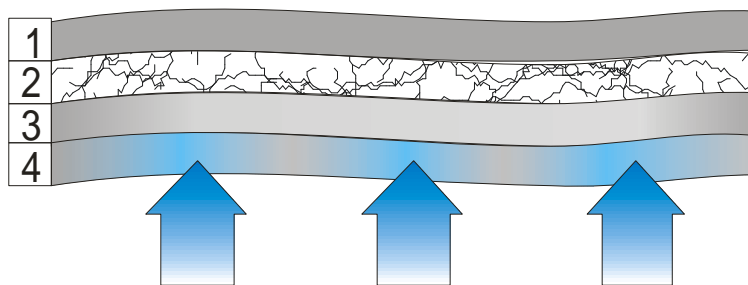
Pouze tkaniny zhotoveny z materiálů odolných v oděru můžou trvale odolat tření kamenů a skal, nebo i tření a namáhání popruhů u batohů. Na WINDSTOPPER oděvy se používá tkanina z polyesteru a polyamidu, které jsou nejvíce odolné vůči oděru a dokázaly i spolehlivou ochranu v drsných podmínkách [21].

1.5.3 Sympatex membrána

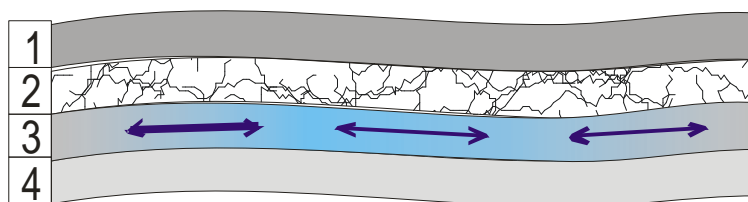
Sympatex je funkční polyesterová membrána bez pórů, neviditelně zapracována do 2-3 vrstveného materiálu. Tloušťka membrány je pouhých 5 μ m při pružnosti až 300%. Řadí se tak mezi nejtenčí, nepropustnou a extrémně pružnou značkovou membránou na trhu. Výhoda Sympatex membrány oproti porézním membránám je, že materiál na povrchu je hladký a nevstřebává tuk - nedochází k ucpání pórů. 100% ekologicky rozložitelná Sympatex membrána je zhotovena z plně recyklovatelného polyétheresteru, který vůbec nepředstavuje žádná zdravotní rizika, tím vytváří 100% ekologický a na kůži příjemný výrobek. Materiál je zhotoven z plně rozkladatelných složek (vodík, uhlík a kyslík), nezůstává žádný toxický odpad, znamená to, že Sympatex výrobky jsou plně recyklovatelné jako například PET lahve. Díky tomu dostal Sympatex bluesign® certifikát a Eko-tex standard 100 [22].

Vlastnosti Sympatex membrány

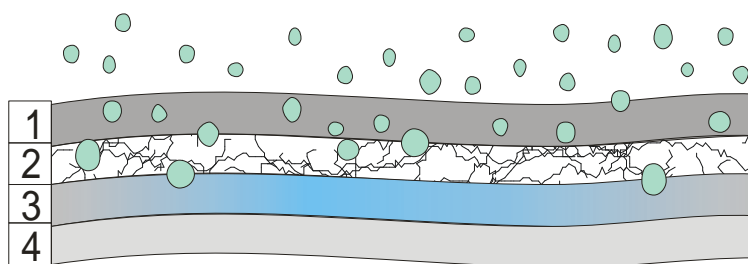
Kompaktní membrána zajišťuje maximální prodyšnost založenou na fyzikálním a chemickém principu. Na obr. 5 – 10 je znázorněn princip Sympatex membrány. 57 miliard hydrofilních molekulových jednotek na centimetr čtverečný Sympatex membrány pohlcuje vlhkost z těla a rovnoměrně ji rozloží na velkou plochu materiálu. Dále vypařováním Sympatex membrána rychle dopraví vlhkost od těla skrze materiál ven. Tento fyziko-chemický efekt se zvyšuje, když rozdíl teplot a vlhkostí na každé straně membrány dosáhne vyšší hodnoty. V klidové fázi udržuje vzduchová vrstva tvořená pěnovými trojúhelníky pocit tepla, při vyšší aktivitě těla se membrána napíná, a tak zmenšuje izolační vrstvu vzduchu a vede ke zvýšení prodyšnosti [22].



Obr. 5: Pronikání vlhkosti do materiálu podšívkovou vrstvou (4) laminátu. Vnější materiál (1), membrána (2), extrémně absorpční vrstva higH2Out® (3).

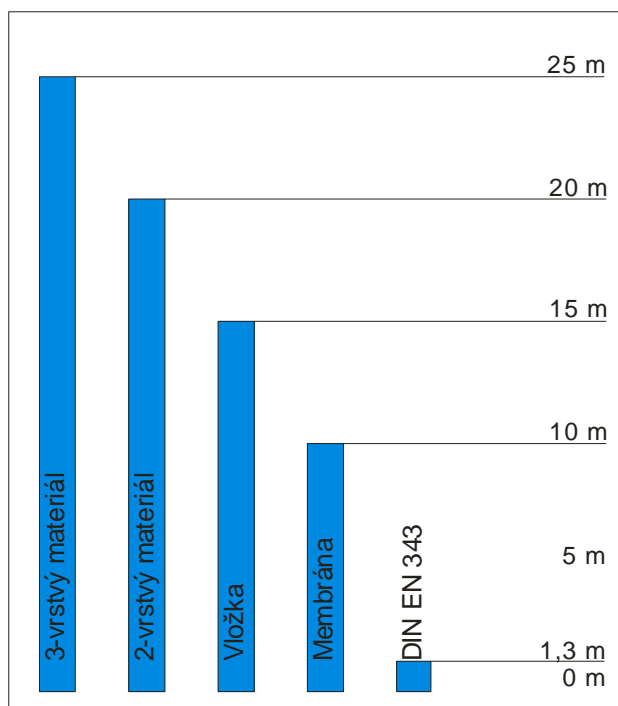


Obr. 6: Rozložení pohlcené vlhkosti v extrémně absorpční vrstvě higH2Out® (3). Vnější materiál (1), membrána (2), podšívková vrstva (4).



Obr. 7: Vypařování vlhkosti. Díky membráně (2) se rychle dopraví skrz laminát vlhkost od těla ven. Vnější materiál (1), extrémně absorpční vrstva higH2Out® (3), podšívková vrstva (4).

Sympatex High2Out vykazuje 100% odolnost proti vodě i větru. Tím převyšuje úroveň nepromokavosti požadovanou normami. V závislosti na nosném materiálu použitém ve spojení s membránou, mohou společně odolat tlaku vodního sloupce až 25 metrů vysokého, jak je vidět na obr. 8. Tím se myslí, že společně odolají nepřetržitému prudkému dešti. Membrána zůstane 100% nepromokavá i po několikerém praní či chemickém čištění [22].



Obr. 8: Přehled míry nepromokavosti. Norma udává min. výšku vodního sloupce 1,3m. Samostatná Sympatex membrána odolá 10ti m vodního sloupce. Extrémních hodnot dosahují třívrstvé lamináty s 25m vodního sloupce.

HUMI OUTDOOR

Společnost HUMI OUTDOOR s.r.o. je licencovaným výrobcem oděvů z materiálu Sympatex. U následujících výrobků se Sympatex membránou jsou udávány tyto hodnoty:

Nepromokavost:	50 000 mm H ₂ O
Propustnost vodních par:	35 000 g/m ² .24h
Ret:	5,1 Pa.m ² /W

Sympatex PHASEABLE

Produkt s 2,5 vrstevnou laminací kombinující výhody dvou a třívrstvých laminátů. Materiál Sympatex Phaseable je extrémně odolný proti opotřebení a současně vykazuje optimální prodyšnost při své abnormální lehkosti. Sympatex Phaseable je 100% odolný proti větru, voděvzdorný a navíc výrazně podporuje regulaci teploty těla. Inteligentní izolace se aktivně adaptuje na úroveň vaší aktivity (v klidové fázi udržuje vzduchová vrstva tvořená pěnovými trojúhelníky pocit tepla, při vyšší aktivitě se membrána napíná, a tak zmenšuje izolační vrstvu vzduchu a vede ke zvýšení prodyšnosti) [23].

Sympatex higH2Out

Materiál poskytující extrémní voděvzdornost a vynikající prodyšnost. Předností třívrstvého Sympatexu High2Out je o 120% vyšší prodyšnost oproti klasickým funkčním oděvům díky kombinaci hydrofilní membrány Sympatex a extrémně vodu-absorbující vrstvy Sympatex High2Out. Touto kombinací dochází k rychlé a efektivní absorpci potu a jeho následné odpařování ven přes účinnou membránu – tím je výrazně urychlen vysoušecí proces [23].

Sympatex PROFESSIONAL

Materiál poskytující extrémní voděvzdornost a vynikající prodyšnost. Sympatex Professional je vysoce trvanlivý a odolný materiál vůči roztržení díky exkluzivnímu využívání vnější tkaniny a třívrstvých laminárních tkanin. Sympatex Professional splňuje ty nejvyšší nároky, co se týká prodyšnosti a odolnosti proti vodě a větru [23].

1.5.4 BlocVent

Tato membrána díky soustavnému vývoji, pokrokové technologii a nejnovějším znalostem, které jsou u ní využity, propůjčuje materiálům BlocVent mimořádné schopnosti.

BlocVent je určen pro extrémní podmínky a pro fyzicky náročné a dlouhodobé aktivity. Oblečení z něho je vhodné pro expedice, horolezectví, skialpinismus, vysokohorskou turistiku, cyklo-turistiku, turistiku, zimní sporty. Vyniká vysokým vodním sloupcem, výjimečnou paropropustností a větruvzdorností. BlocVent zásluhou jeho neporézního charakteru vykazuje vysokou flexibilitu a schopnost zotavení se i po extrémním vytažení a udržuje si své vynikající vlastnosti i po dlouhodobém používání a neztrácí je ani při velmi nízkých teplotách [24].

Skládá se z 90% PAD a 10% PU.

Oděvy zhotovené s materiálem Bloc Vent udávají tyto hodnoty:

Nepromokavost:	min. 20 000 mm H ₂ O
Paropropustnost:	30 000 g/m ² /24
Ret:	< 4,2 Pa.m ² /W

1.5.5 Dermizax® EV 3L

Dermizax je značka moderních dvouvrstvých, třívrstvých či dvouapůlvrstvých laminátů s neporézní polyuretanovou vysokojakostní membránou. Materiál Dermizax EV 3L nově definuje komfort funkčních výkonných látek, vyniká vysokým vodním sloupcem a prodyšností. Je měkký, lehký a snadno se udržuje.

Hladká struktura, nízká hmotnost a vysoká elasticita materiálu zvyšuje komfort nošení. Ideální pro horolezectví a vysokohorskou turistiku, turistiku, zimní sporty a další outdoorové aktivity [25].

Materiál Dermizax® EV 3L udává tyto hodnoty:

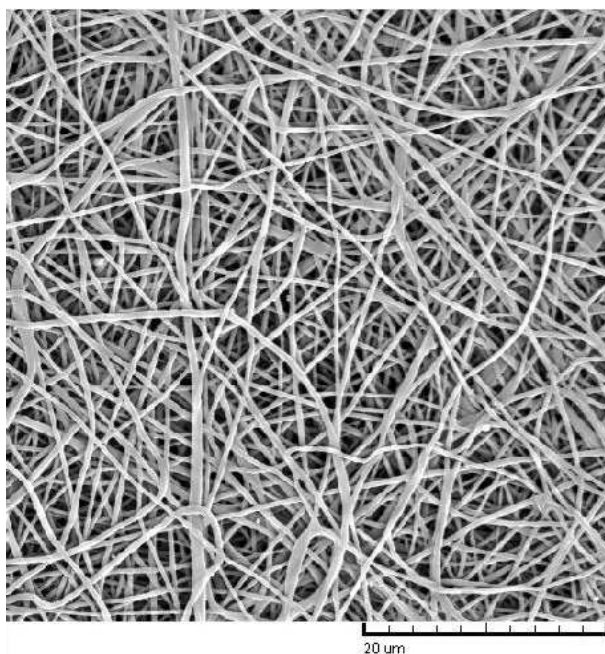
Nepromokavost:	min. 20 000 mm H ₂ O
Paropropustnost:	20 000 g/m ² /24

2 Co je nanotextilie

2.1 Nanotextilie

Nanotextilie je textilie, tvořená vlákny o průměru 50 až 200 nanometrů. Takto tenká vlákna, jako na obr. 9, lze vidět pouze pod elektronovým mikroskopem. Tyto textilie dokáží, jak známo, účinně regulovat toky plynu a par. Do určité míry jsou rovněž schopné bránit průniku kapaliny. Pro účely regulace průniku plynu a kapalin se již dnes technické textile (převážně netkané) využívají ve stále větší míře. Jemná struktura nanovláknenných textilií dokáže zachytit i velmi jemné částice, jako jsou mikroorganismy a částečně i viry [26].

Výhodou nanotextilie je velký měrný povrch, vysoká porosita a malá velikost pórů. Pro výrobu nanovláken se používají polymerní roztoky nebo taveniny [27].



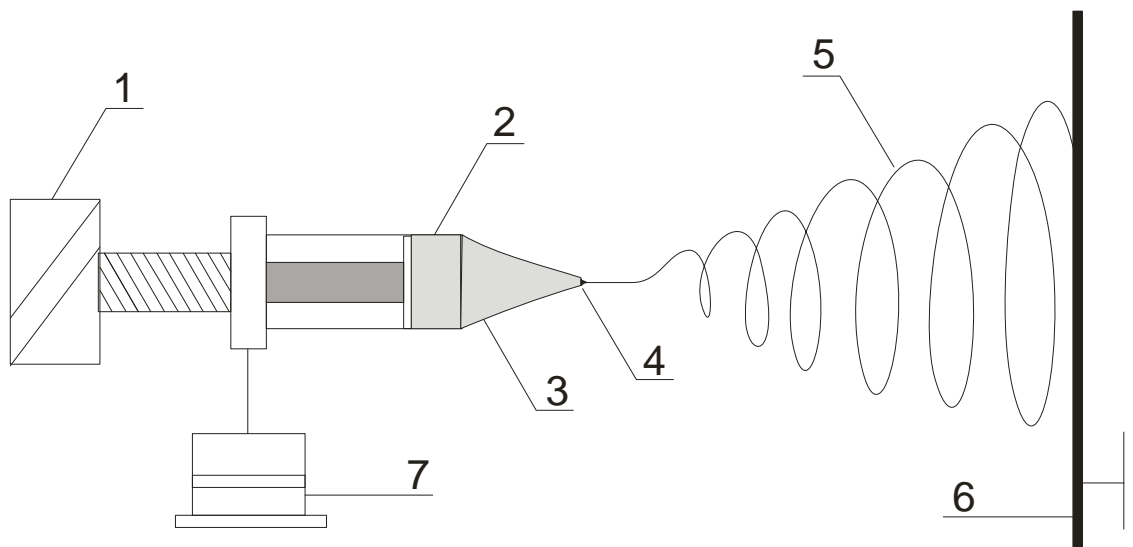
Obr. 9: SEM snímek nanovláknenné vrstvy

2.2 Metoda elektrostatického zvlákňování

Elektrostatické zvlákňování je proces využívající elektrostatických sil k utváření jemných vláken z polymerního roztoku nebo polymerní taveniny [27].

Na obr. 10 je znázorněno schéma elektrostatického zvlákňování. Roztok je dávkovacím zařízením vytlačen z trysky, která je zároveň jednou z elektrod elektrostatického pole. Vytváří se jeden Taylorův kužel. Působením elektrostatického

pole dochází k vytažení vláknenného útvaru směrem k opačné elektrodě a následnému dlužení na submikronová vlákna. Jejich měrný povrch je natolik velký, že ještě před dopadem na opačnou elektrodu jsou vlákna vysušena. Nevýhodou této metody je velmi malá výrobnost zvlákňovacího zařízení a hmotová nestejnoměrnost vzniklé vrstvy [29].

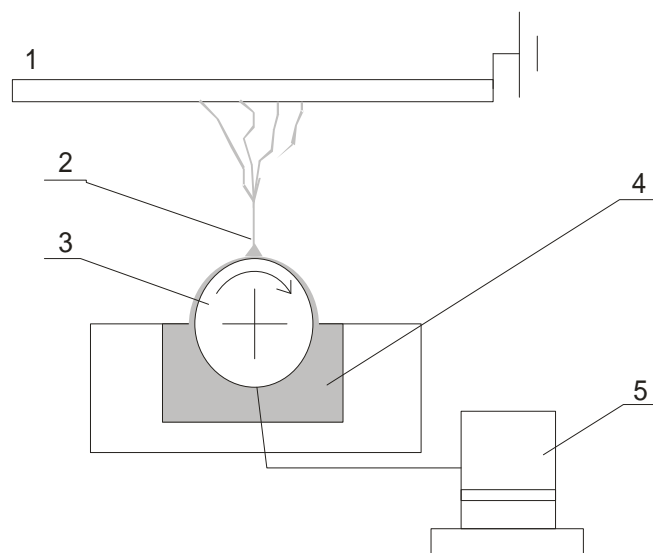


Obr. 10: Schéma elektrostatického zvlákňování: Elektroda vysokého napětí je spojena přímo s polymerním roztokem 2, který je vháněn do tenké kapiláry 3. Elektrostatické pole mezi ústím kapiláry a kolektorem 6, který je uzemněn nebo opačně nabit, vytahuje proud polymeru do prostoru, dluží jej a ukládá na kolektor.

*1 – dávkovací čerpadlo, 2 – polymerní roztok, 3 – kapilára, 4 – taylorův kužel,
5 - dlužené vlákno, 6 – kolektor, 7 – zdroj vysokého napětí*

2.3 Metoda nanospider

Na obr. 11 je znázorněna technologie nanospider, která byla vyvinutá a patentovaná na TU v Liberci [28]. Principem této technologie je elektroda ve tvaru rotujícího válečku brodícího se v polymerním roztoku. Polymerní roztok je vynášen na povrch válečku, kde se na pohybující hladině polymeru samovolně vytvářejí skupiny Taylorových kuželů. Působením elektrostatického pole dochází k vytažení vláknenných útvarů směrem k opačné elektrodě a následnému dlužení na submikronová vlákna. Výrobnost je výhodou technologie nanospider. Ta se pohybuje mezi 1 až 5 g/min/m (metr šíře role), což je ve srovnání s výrobností 0,1 až 1 g/hod původní metody elektrostatického zvlákňování výrazný pokrok [29].



Obr. 11: Schéma metody nanospider: Polymerní roztok je vynášen na povrch válečku, kde se na pohybující hladině polymeru samovolně vytvářejí skupiny Taylorových kuželů. Působením elektrostatického pole dochází k vytažení vláknitých útvarů směrem k opačné elektrodě a následnému dloužení na submikronová vlákna.

1 – uzemněná elektroda, 2 – taylorův kužel, 3 – vynášecí váleček, 4 – polymerní roztok, 5 – zdroj vysokého napětí.



Obr. 12: Náhled na zvlákňovací přístroj Nanospider [27]

2.4 Studie nanovláknenných membrán

Stojíme před otázkou, jak vyřešit hranici voděpropustnosti pro ochranné oděvy s použitím elektrostaticky zvlákňovaných nanovláknenných pavučin. Vytvořit materiál s kombinací vysoké hranice výkonnosti ochranných - bariérových vlastností a tepelného komfortu tak, že se zlepší voděodolnost a přitom zachová paropropustnost materiálu [31].

Pomocí elektrostatického zvlákňování polymerů je možné vyvíjet nanovláknenné pavučiny s velmi malými póry proti kapalnému vniknutí. Nanovláknenné

pavučiny typu mikroporézní membrány jsou téměř 100% voděodpudivé, ale na úkor nízké prodyšnosti, důvodem jsou malé rozměry pórů, ale paropropustnost je srovnatelná s netkanými materiály. S růstem plošné hmotnosti nanovláknenné pavučiny paropropustnost zůstává stejná, ale prodyšnost kompozitu klesá. Zkoušeny byly pavučiny o plošné hustotě 0,1 až 0,2 g/m² [26].

Nanovláknenné pavučiny typu mikroporézní membrány tvoří funkční vrstvu s vhodným poměrem prodyšnosti a paropropustnosti. Velikost pórů ovlivňuje proudění vzduchu. S růstem velikosti pórů odpor vzduchu klesá, nebo-li prodyšnost stoupá. Zvyšováním odolnosti vůči průniku vnější vody nebo-li růst velikosti vodního sloupce je stále na úkor snižující se prodyšnosti a naopak [33].

Elektrostatické zvlákňování polypropylenových vláknitých pavučin bylo provedeno ve dvou tloušťkách, silnějších než u současných materiálů. Pavučiny poskytují vynikající bariéru vůči vysokému povrchovému napětí kapaliny. U slabší pavučiny prodyšnost klesla pouze o 20% a paropropustnost o 12% [33].

Elektrostaticky zvlákňované nanovláknenné membrány vytváří široký rozsah velikosti pórů – od napodobení neporézního polymerního pokrytí, až po velmi porézní vláknovou strukturu. V této době je možno vyrobit pavučinu s porositou 30 – 60% o velikosti pórů 0,1 – 0,8 μm [35].

Nanovláknennou pavučinu je lepší použít s podkladovým porézním netkaným materiálem se vhodnou paropropustností, prodyšností a mechanickými vlastnostmi, které zaručí pevnost pavučiny a ustálí její mechanické vlastnosti. Výhoda nanovláknenné pavučiny spočívá v tom, že se může nanášet elektrostatickým zvlákňováním ve 3D formě přímo na ochranný systém tak, že tloušťka pavučiny může být různě silná dle potřeby. Přímá aplikace elektrostaticky zvlákňované pavučiny na oděvní systém řeší problém s propustností švů, a tak vypouští cenu za řešení tohoto problému.

2.4.1 Použití polyuretanu

Polyuretanová nanovláknenná pavučina byla použita díky své elasticitě, odolnosti vůči mikroorganizmům a stabilitě vůči průniku vody [31].

Kompozit s nanovláknennou membránou má paropropustnost srovnatelnou s tkanými a netkanými materiály určenými pro ochranné oděvy. Lze zde dosáhnout i rovnováhy mezi bariérovými vlastnostmi (voděodpudivostí) a tepelným komfortem (prodyšností, paropropustností) při použití PUR [26].

2.4.2 Využití nanovláknenných vrstev

Během studie byla vyvinuta elastická membrána s obsahem nanovláknenné netkané textilie, která vydržela deformaci až 200% s plným elastickým zotavením. Tuto membránu lze nalaminovat například na pleteninu. Paropropustnost elastické nanovláknenné membrány je vyšší, než u běžně používaných membrán Sympatex a Gore-Tex. Dále je možné použít uhlíkové nanotrubic pro ochranné oděvy, které zajišťují vysokou větruvzdornost a výbornou paropropustnost [35].

Ochrana porézní membrány je další možná aplikace nanovláknenných pavučin. Po čase se póry membrány zanáší nečistotami, jako je lidský pot a soli, a tak je možné vytvořit kompromis mezi životností a komfortem této membrány díky nanesení nanovláknenných pavučin na porézní membránu. Vnější nanovláknenné pavučiny slouží jako funkční vrstvy kompozitu s porézní membránou uvnitř. Nanovláknenná pavučina snižuje tlak kapaliny na porézní membránu, která tvoří něco jako drenážní vrstvu a rychle odvádí kapalinu ze zatěžovaného místa pryč. Použití v nejnáchylnějších místech oděvu: kolena, lokty, ramena [36].

2.4.3 Zhodnocení

Vývoj nanovláknenných membrán pro ochranné oděvy stále hledá možnou kombinaci mezi bariérovými a komfortními vlastnostmi. Zlepšení jedné z požadovaných vlastností je bohužel jen na úkor té druhé. Vlastnosti nanovláknenných membrán ovlivňuje míra plošné hmotnosti, velikost pórů a použitý materiál.

Při výrobě nanovláknenných membrán je doporučeno použít vhodný prodyšný netkaný materiál. Výhoda technologie výroby nanovláknenných materiálů spočívá v řízené pórovitosti a možném nanášení přímo na oděvní součásti.

Vývoj nanovláknenných membrán v ochranném oděvu vede k dalšímu možnému využití nanovláknenných vrstev ve svrchním oděvním systému například jako elastické nanovláknenné membrány nebo jako ochranná nanovláknenná vrstva současných membrán.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3 Experiment

V praktické části bylo provedeno měření fyziologických vlastností - prodyšnost, paropropustnost a voděodolnost u vybraných vzorků v laboratoři na KHT na TUL. Získání SEM snímků ze zkoumaných vzorků proběhlo na KTM na TUL a následná obrazová analýza byla zpracována v laboratoři KNT na TUL. Na závěr experimentu byla stanovena kalkulace pro výrobu vzorku 6 s nanovláknennou membránou a porovnána s cenami získaných vzorků od firmy Sport Schwarzkopf.

První skupinu vzorků tvořily vzorky dvou a třívrstevných laminátů od firmy SPORT SCHWARZKOPF (**vzorky 1 – 5**) a nanosená nanovláknenná membrána na podkladové PES textilií od firmy Elmarco (**vzorek 6**). Druhá skupina vzorků se skládá ze samostatných nanovláknenných membrán od neznámé zahraniční firmy a mikroporézní membrány od firmy Singtex z Taiwanu, které poskytla katedra hodnocení textilií.

Společnost SPORT SCHWARZKOPF je český výrobce outdoorového oblečení a vybavení do přírody. Firma vznikla v roce 1991. Od roku 2003 je vybavení této firmy vyráběno pod značkou HIGH POINT. Hlavním úkolem výrobků značky High Point je ochránit tělo před nepřízní počasí při aktivitách ve volné přírodě a usnadnit a zpříjemnit v ní náš pobyt a činnost. Rodinnou firmu Sport Schwarzkopf odlišuje od konkurence její dlouhá tradice v tomto oboru v ČR. Obohatila outdoorový trh v ČR o řadu nových materiálů a doplňků. Od nití až po základní materiál je vše od značkových a renomovaných firem. Je známá pravdivými informacemi o vlastnostech svých výrobků a testováním většiny z nich před uvedením na trh. Důležité laboratorní údaje od výrobce jsou ověřovány v mezinárodní zkušebně v Hohensteinu nebo v TZÚ v Liberci a následně v praxi. Stále zachovává výrobu přímo v ČR. Z tohoto důvodu může Sport Schwarzkopf nabídnout i šití oblečení na zakázku jednotlivcům i organizacím. Systematicky testuje téměř všechny výrobky, jednak v extrémních podmínkách za účasti stálého testovacího týmu složeného z celebrit horolezectví a cestování, a dále za pomoci široké veřejnosti z řad dobrovolníků [37].

Poskytnuté vzorky od firmy Sport Schwarzkopf:

Vzorek č.1 je fleec s větru-vzdornou membránou, který byl ale z našeho experimentu vyřazen pro nevhodný materiál.

Vzorek č.2 je zátěrový dvouvrstvý materiál předurčený pro výrobu oblečení nižších parametrů, cena tohoto vzorku je 100Kč za 1m².

Vzorek č.3 je dvouvrstvý laminát předurčený pro výrobu oblečení vyšších parametrů, cena tohoto vzorku je 140Kč za 1m².

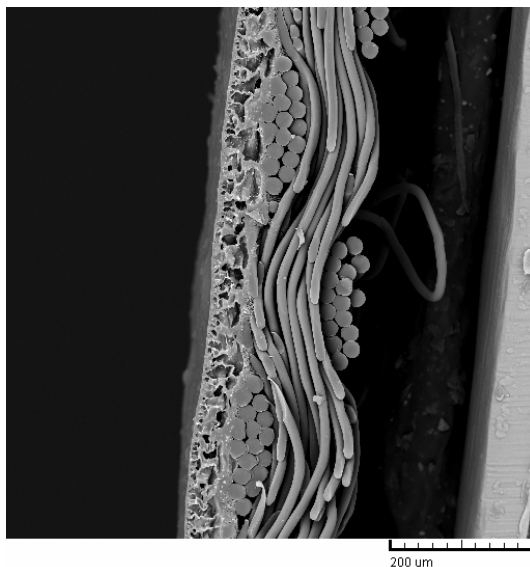
Vzorek č.4 je dvouvrstvý odlehčený laminát předurčený pro výrobu lehčího a skladnějšího oblečení, cena za 1m² je 140Kč.

Vzorek č.5 je třívrstvý laminát předurčený pro výrobu technického oblečení bez podšívky, cena za 1m² je 250Kč.

3.1 Obrazová analýza

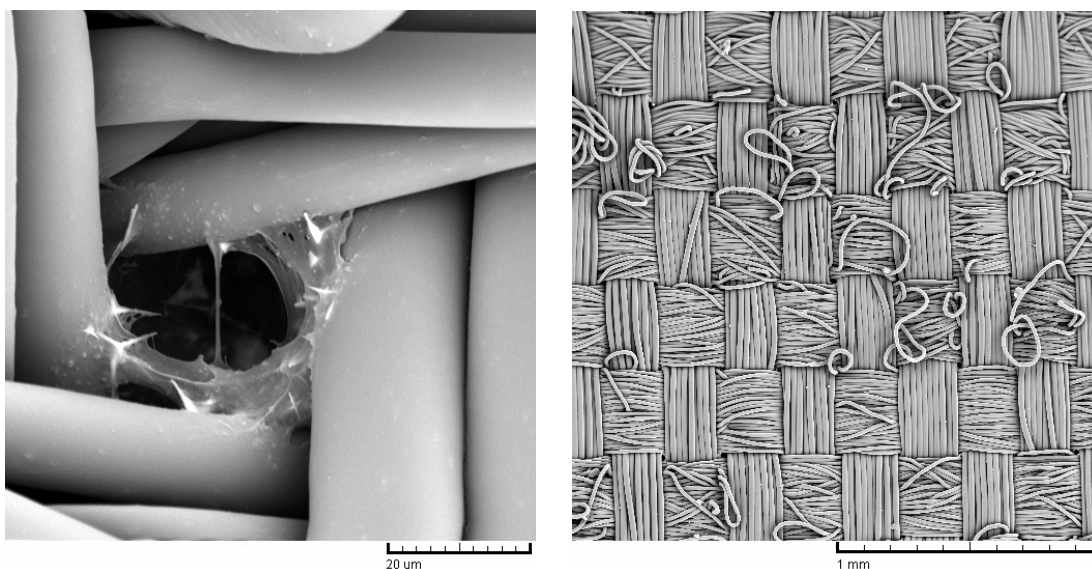
Pro obrazovou analýzu je potřeba získat snímky s požadovaným zvětšením. Tyto snímky se provádějí na řezech vzorků a ploše vzorků o velikosti 5 x 5 mm na elektronovém mikroskopu od firmy TESCAN. Samostatná obrazová analýza se zpracovává v programu NIS-Elements AR 3.0.

3.1.1 Vzorek 2 – dvouvrstvý materiál

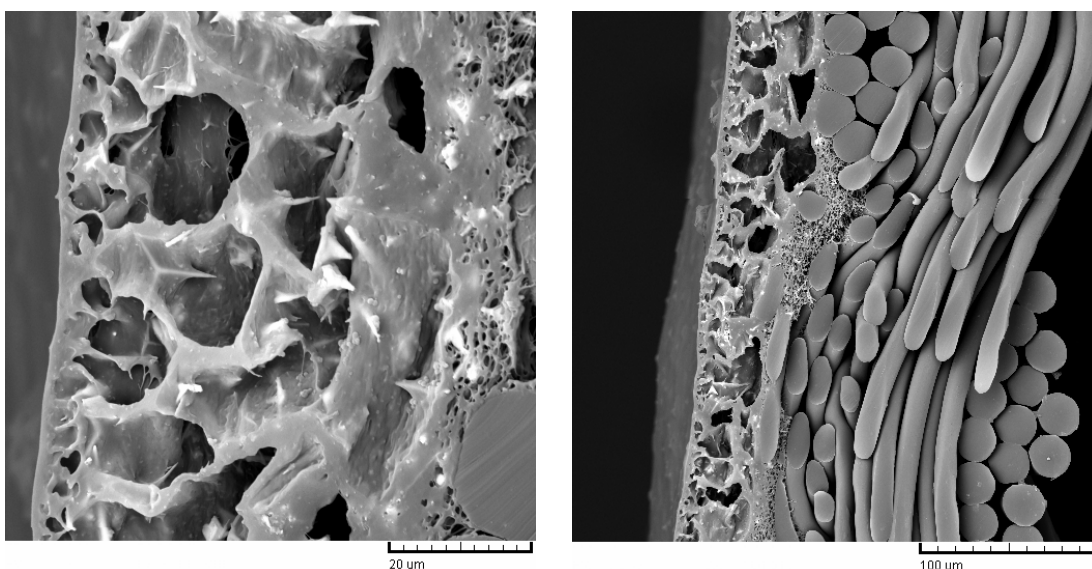


Obr. 13: SEM snímek v řezu vzorku 2

Vrchový materiál, zobrazený na obr. 14, je tkanina o dostavě 45 x 30 nití na 1cm^2 a je mírně počesán. Na dotyk působí hrubě. Na obr. 15 je mikroporézní zátěr, který tvoří funkční vrstvu o porositě 56,77%. U vzorku 2 byla zjišťována porosita zátěru, ekvivalentní průměr póru, min. a max. průmět póru, průměr osnovních a útkových nití, celková tloušťka laminátu a tloušťka membrány. Naměřené průměrné hodnoty jsou uvedeny v tab. 3.



Obr. 14: vzorek 2: vlevo SEM snímek vrchového materiálu s prostupem zátěru z rubní strany, vpravo SEM snímek vrchového materiálu



Obr. 15: vzorek 2: vlevo SEM snímek řezu mikroporézního zátěru, vpravo SEM snímek řezu mikroporézního zátěru a vrchové textilie

Tab. 3: Hodnoty z obrazové analýzy pro vzorek č.2

Vzorek 2	průměr x [μm]	směrodatná odchylka s	min. [μm]	max. [μm]
MIKROPORÉZNÍ ZÁTĚR				
ekvivalentní průměr	9,28	7,48		
minimální průmět	8,66	7,87		
maximální průmět	13,89	11,64		
VRCHOVÝ MATERIÁL				
průměr vlákna – osnova	20,27	0,90	19,07	22,28
průměr vlákna – útek	12,85	0,56	11,61	13,63
LAMINÁT				
tloušťka membrány	55,47	6,55	46,14	66,46
celková tloušťka laminátu	226,03	12,08	211,20	242,72

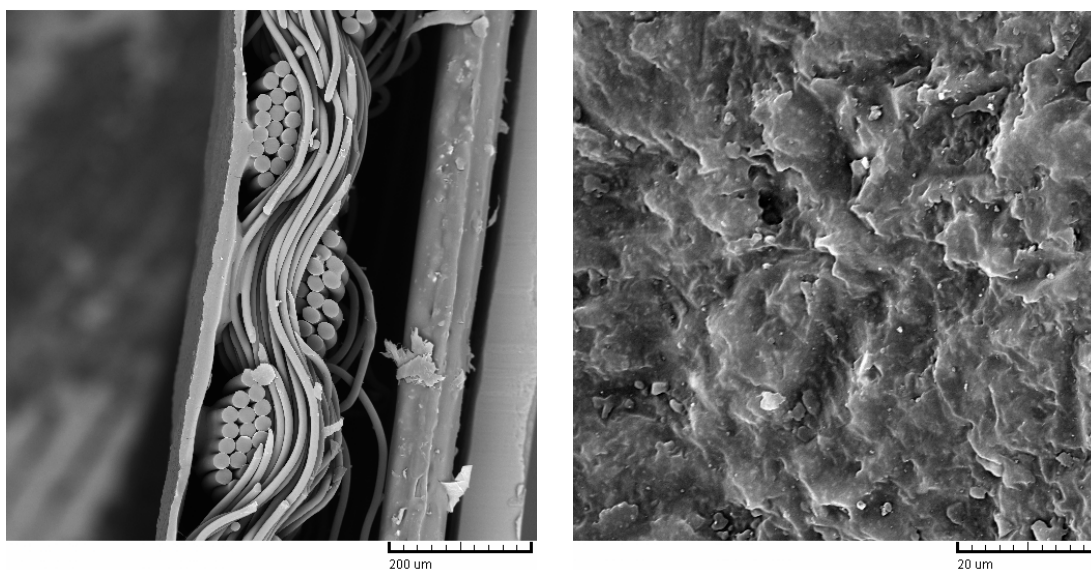
Porosita ψ [%] funkční vrstvy se vypočítá z plochy pórů S_p a celkové plochy S_c funkční vrstvy - zátěru. Uváděná porosita je zjišťována ve 2D.

$$\psi = S_p / S_c \times 100$$

$$\psi = 7754,27 / 13658,55 \times 100$$

$$\psi = 56,77\%$$

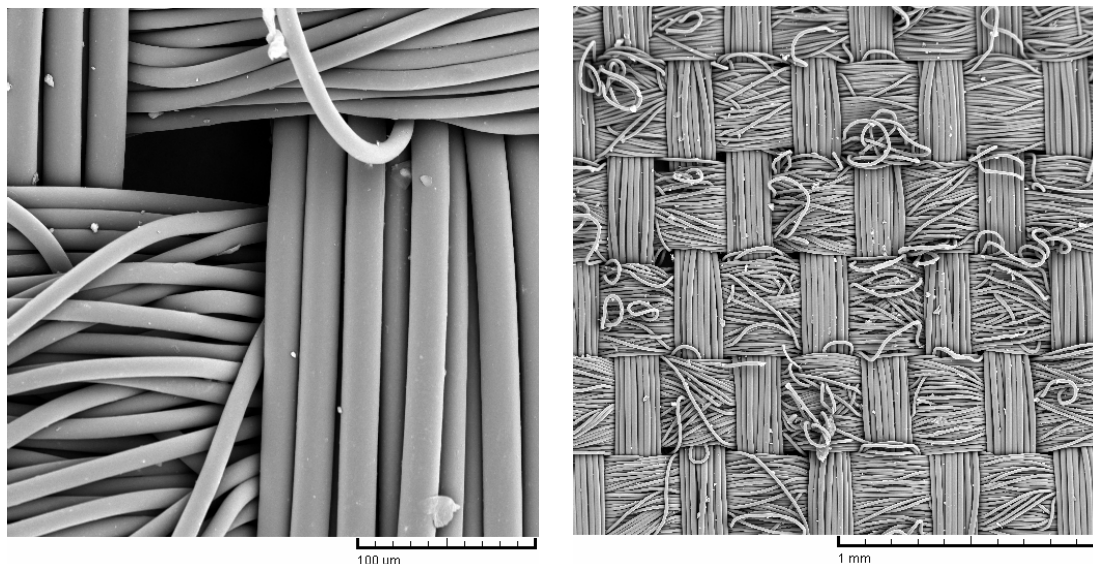
3.1.2 Vzorek 3 – dvouvrstvý materiál



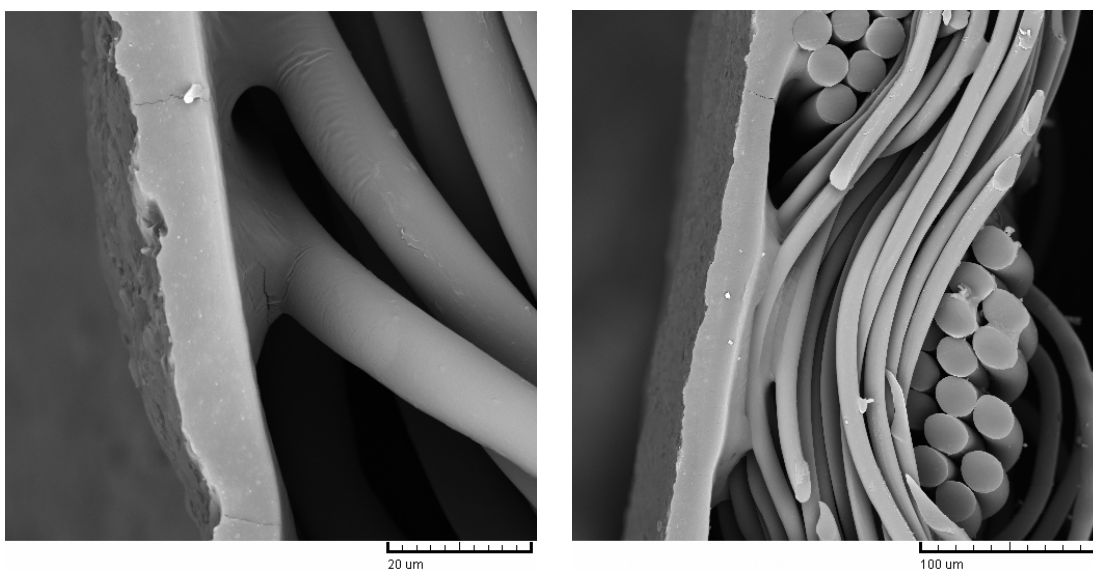
Obr. 16: vzorek 3: vlevo SEM snímek řezu dvouvrstvého materiálu, vpravo SEM snímek neporézní membrány

Vrchový materiál, zobrazený na obr. 17, je tkanina o dostavě 43 x 28 nití na 1cm² a je mírně počesán. Na dotyk působí příjemněji než vzorek č.2. Velmi tenká neporézní membrána o síle 18,05 μm je bodově připevněna k vrchovému materiálu, jak

je vidět na obr. 18. U vzorku č.3 byl zjišťován průměr osnovních a útkových nití vrchového materiálu, celková tloušťka laminátu a tloušťka membrány. Naměřené průměrné hodnoty jsou uvedeny v tab. 4.



Obr. 17: vzorek 3: vlevo SEM snímek detail vrchového materiálu, vpravo SEM snímek vrchového materiálu

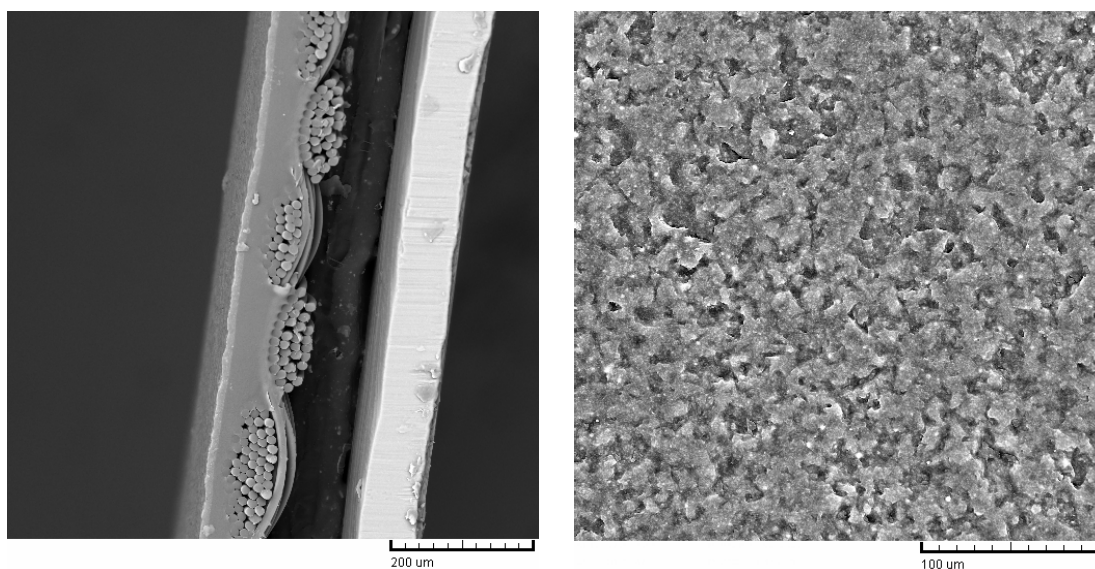


Obr. 18: vzorek 3: vlevo SEM snímek řezu neporézní membrány, vpravo SEM snímek řez vrchového materiálu s neporézní membránou

Tab. 4: Hodnoty z obrazové analýzy pro vzorek č.3

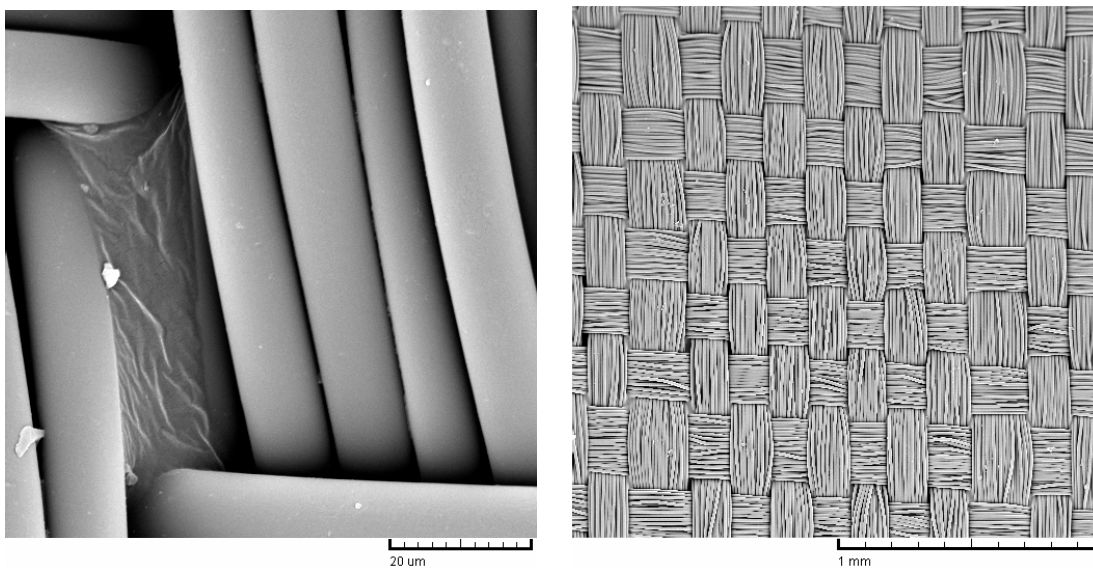
Vzorek 3	průměr x [μm]	směrodatná odchylka s	min. [μm]	max. [μm]
VRCHOVÝ MATERIÁL				
průměr vlákna – osnova	20,73	0,50	20,10	21,76
průměr vlákna – útek	11,01	0,49	10,18	11,86
LAMINÁT				
tloušťka membrány	18,05	5,47	8,50	25,86
celková tloušťka laminátu	202,63	12,57	188,79	220,17

3.1.3 Vzorek 4 – dvouvrstvý materiál

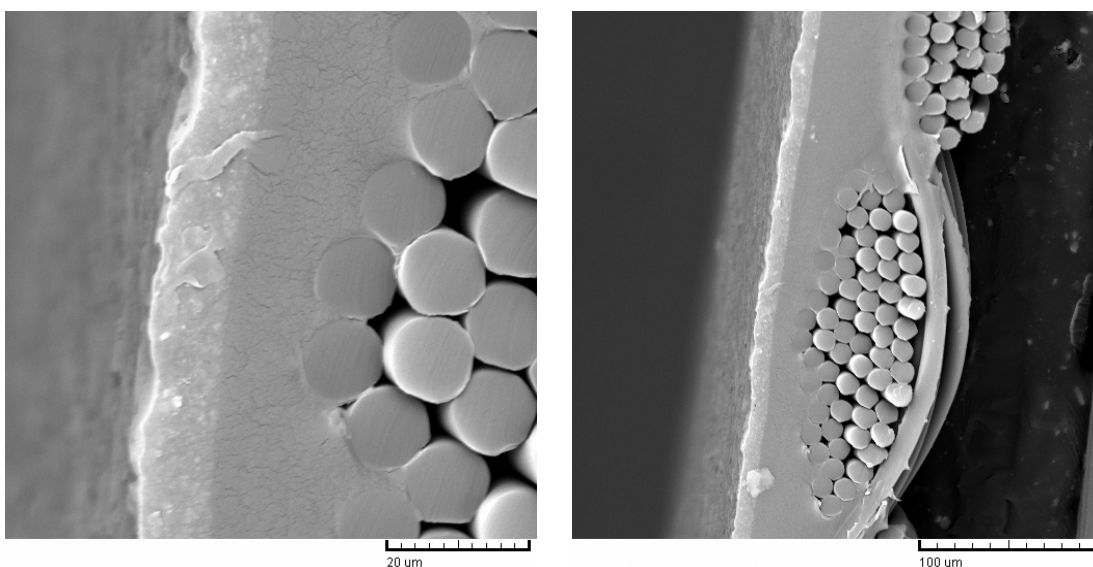


Obr. 19: vzorek 4: vpravo SEM snímek řezu dvouvrstvého materiálu, vpravo SEM snímek neporézního zátěru

Vrchový materiál, zobrazený na obr. 20, je tkanina o dostavě 60 x 40 nití na 1cm², která je na dotyk příjemná. Na vrchový materiál je nanesen neporézní zátěr o průměrné tloušťce 44,76 μm, který můžeme vidět na obr. 21. U vzorku č.4 byl zjišťován průměr osnovních a útkových nití vrchového materiálu, celková tloušťka laminátu a tloušťka zátěru. Naměřené průměrné hodnoty jsou uvedeny v tab. 5.



Obr. 20: vzorek 4: vlevo SEM snímek vrchového materiálu s viditelným zátěrem z rubní strany, vpravo SEM snímek vrchového materiálu

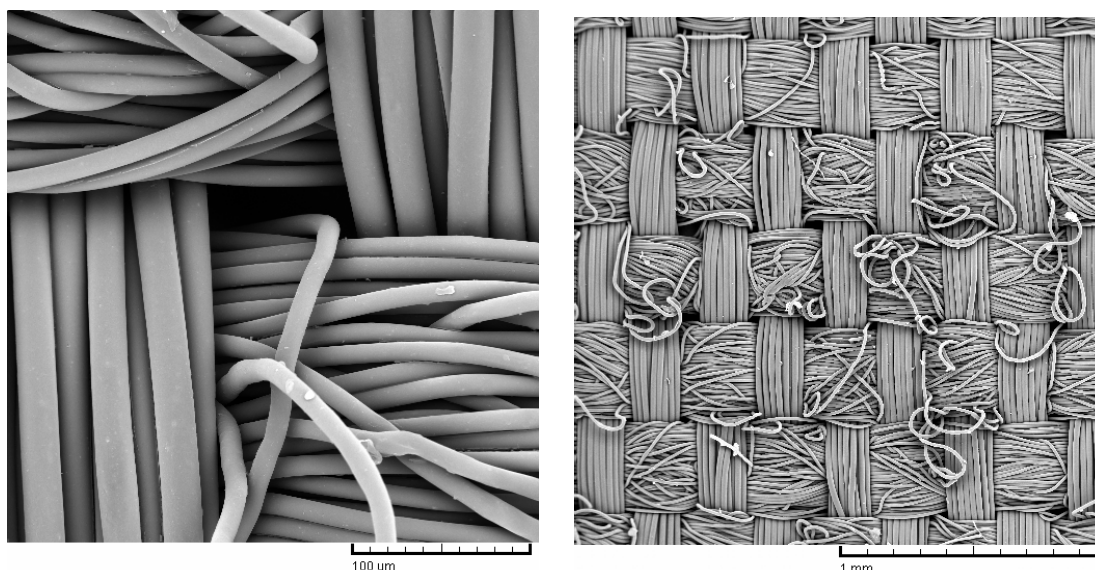


Obr. 21: vzorek 4: vlevo SEM snímek řezu neporézního zátěru s povrchovou úpravou, vpravo SEM snímek řezu vrchové textilie a neporézního zátěru.

Tab. 5: Hodnoty z obrazové analýzy pro vzorek č.4

Vzorek 4	průměr x [μm]	směrodatná odchylka s	min. [μm]	max. [μm]
VRCHOVÝ MATERIÁL				
průměr vlákna – osnova	11,08	0,27	10,66	11,62
průměr vlákna – útek	11,50	0,26	11,04	11,93
NEPORÉZNÍ ZÁTĚR				
tloušťka zátěru	44,76	10,89	28,53	59,93
celková tloušťka laminátu	116,29	6,97	104,09	123,57

3.1.4 Vzorek 5 – třívrstvý materiál

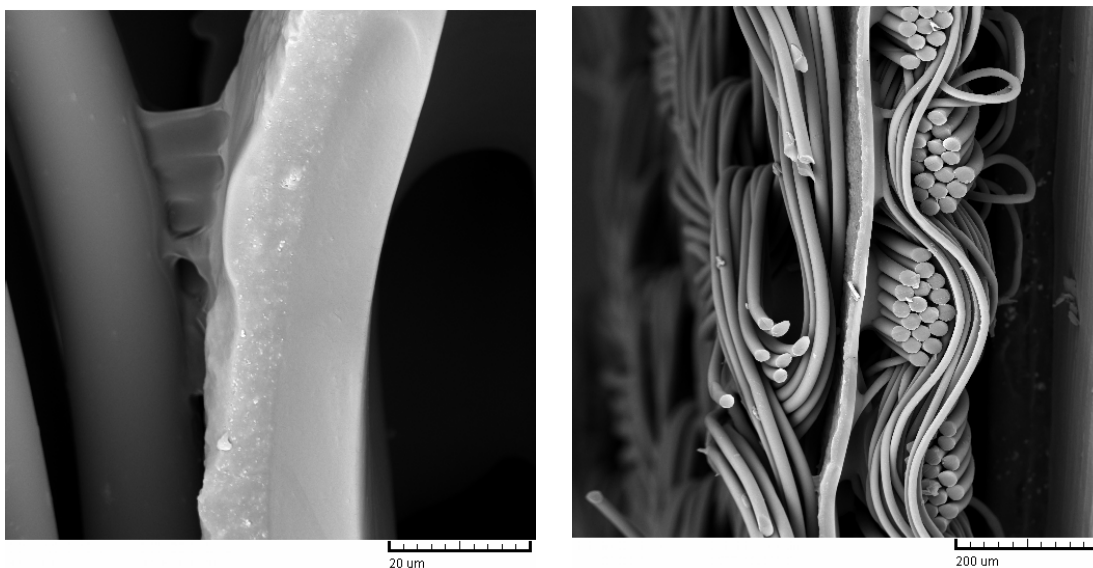


Obr. 22: vzorek 5: vlevo SEM snímek detail vrchového materiálu, vpravo SEM snímek vrchového materiálu

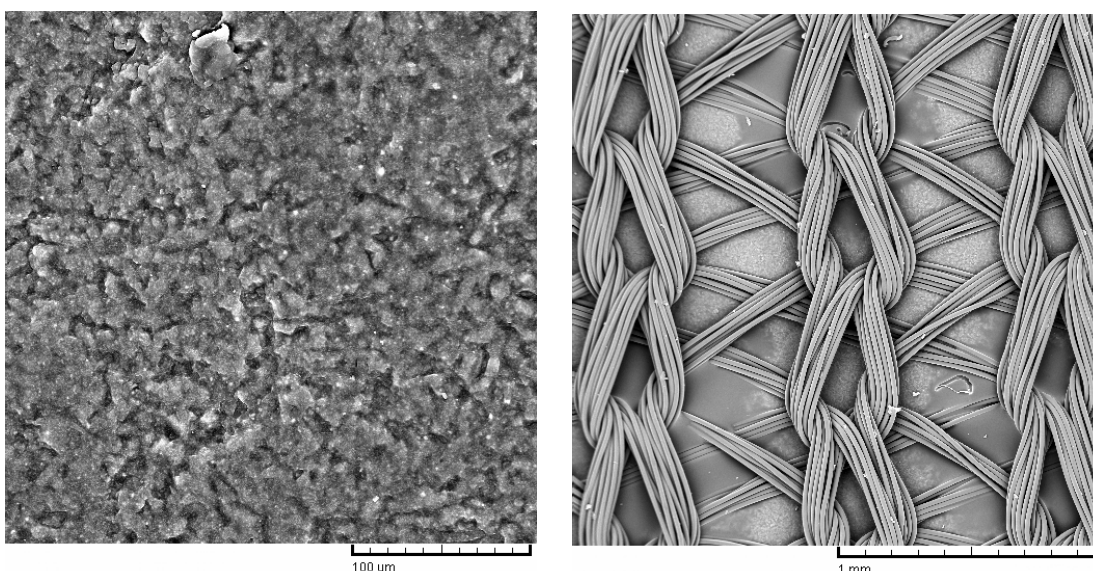
Vrchový materiál, zobrazený na obr. 22, je tkanina o dostavě 45 x 28 nití na 1cm² a je mírně počesaný. Na dotyk působí příjemně. Velmi tenká neporézní membrána o síle 20,15 µm je bodově připevněna, jak k vrchovému materiálu, tak i k vnitřní vrstvě materiálu. Řez třívrstvým laminátem lze vidět na obr. 23. Vnitřní vrstva laminátu, zobrazena na obr. 24 vpravo, je pletenina o dostavě 13 x 20 oček na 1cm². U vzorku č.5 byl zjišťován průměr osnovních a útkových nití vrchového materiálu, průměr vláken pleteného podšívkového materiálu, celková tloušťka laminátu a tloušťka membrány. Naměřené průměrné hodnoty jsou uvedeny v tab. 6.

Tab. 6: Hodnoty z obrazové analýzy pro vzorek č.5

Vzorek 5	průměr x [µm]	směrodatná odchylka s	min. [µm]	max. [µm]
VRCHOVÝ MATERIÁL				
průměr vlákna – osnova	21,21	0,82	20,17	22,70
průměr vlákna – útek	11,32	0,75	9,96	12,94
VNITŘNÍ MATERIÁL				
průměr vlákna	17,70	1,05	16,16	20,31
LAMINÁT				
tloušťka membrány	20,15	1,42	17,49	22,72
celková tloušťka laminátu	306,06	15,86	277,57	321,14



Obr. 23: vzorek 5: vlevo SEM snímek řezu neporézní membrány, vpravo SEM snímek řezu třívrstevným materiálem

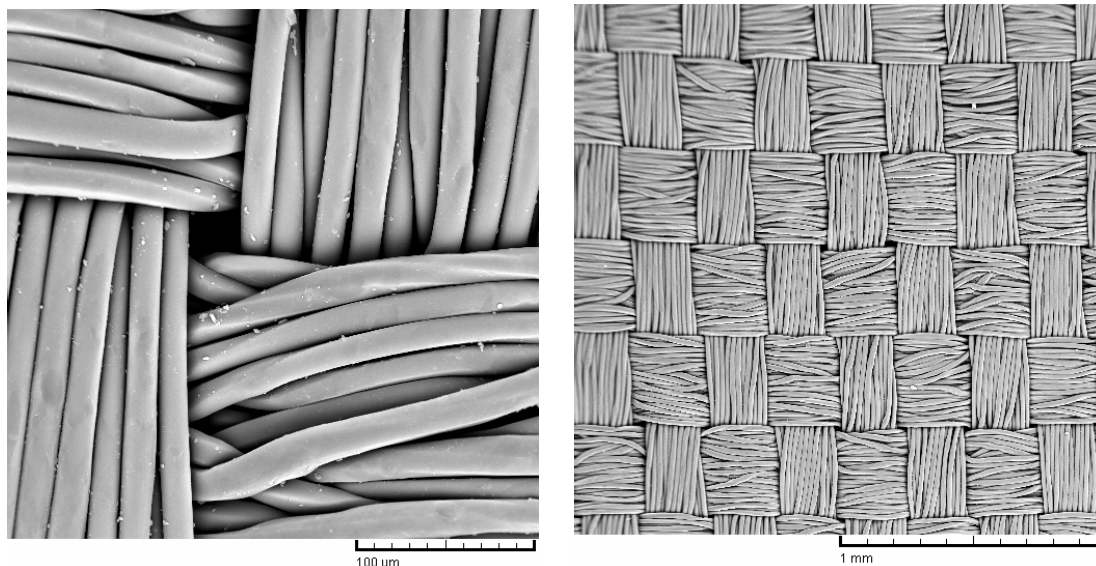


Obr. 24: vzorek 5: vlevo SEM snímek neporézní membrány, vpravo SEM snímek spodního úpletového materiálu

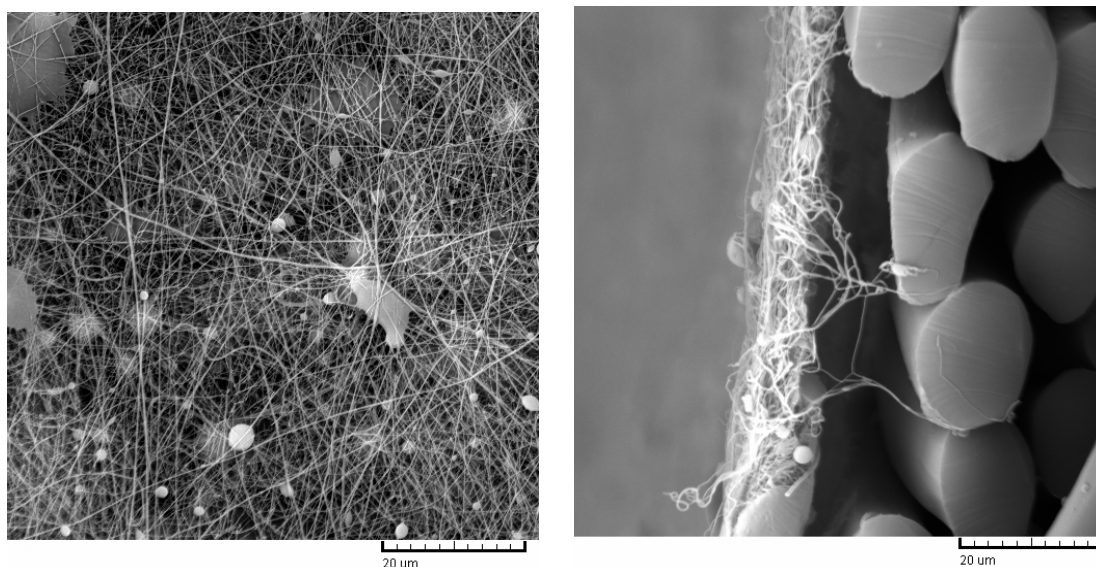
3.1.5 Vzorek 6 – dvouvrstvý materiál

Na omak příjemný vrchový materiál, jak lze vidět na obr. 25, je 100% PES tkanina s dostavu 45 x 30 nití na 1cm². Na vrchový materiál byla ve firmě Elmarco nanosená nanovláknenná vrstva, která je zobrazena na obr. 26 vlevo, o plošné hmotnosti 0,5 – 1 g/m², průměrné tloušťce 111,41 μm a porositě 40,95%. Nanovláknenná membrána byla zvlákněna z polyvinylidenfluoridu (PVDF). U vzorku 6 byl zjišťován průměr osnovních a útkových nití vrchového materiálu, průměr vláken v nanovláknenné

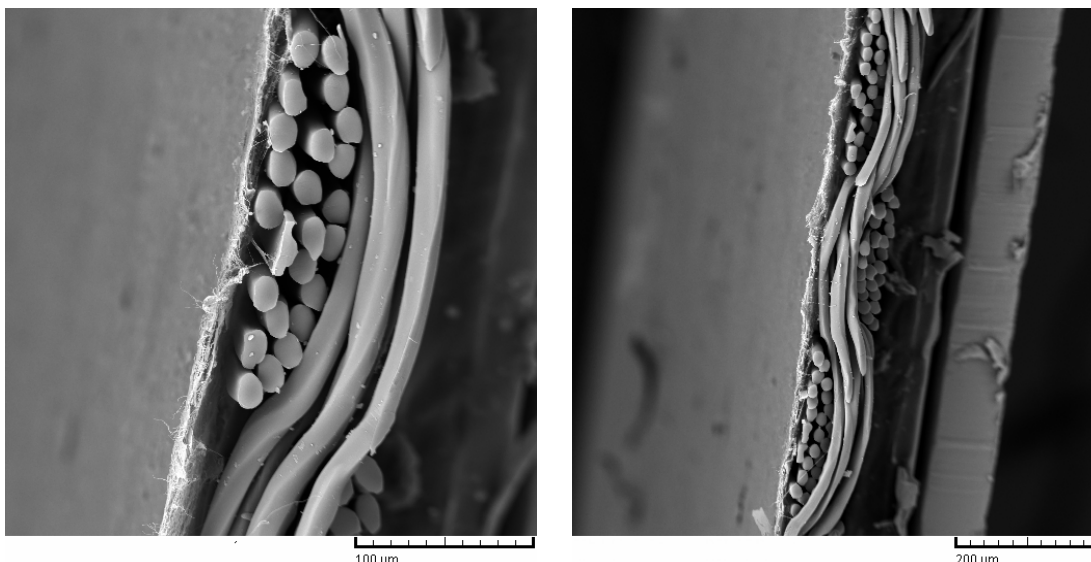
membráně, porosita membrány, ekvivalentní průměr póru, min. a max. průmět póru, tloušťka membrány a celková tloušťka laminátu. Přehled naměřených průměrných hodnot najdeme v tab. 7.



Obr. 25: vzorek 6: vlevo SEM snímek detail vrchového materiálu, vpravo SEM snímek vrchového materiálu



Obr. 26: vzorek 6: vlevo SEM snímek nanovlákněné membrány, vpravo SEM snímek řezu nanovlákněné membrány



Obr. 27: vzorek 6: vlevo a vpravo SEM snímek řezu dvouvrstevným materiálem

Tab. 7: Hodnoty z obrazové analýzy pro vzorek č.6

Vzorek 6	průměr x [μm]	směrodatná odchylka s	min. [μm]	max.[μm]
MEMBRÁNA				
ekvivalentní průměr	0,38	0,23	0,01	1,23
minimální feret	0,32	0,20	0,09	1,09
maximální feret	0,58	0,33	0,18	1,74
VRCHOVÝ MATERIÁL				
průměr vlákna – osnova	17,34	0,68	16,58	18,86
průměr vlákna – útek	18,04	2,10	14,36	20,96
LAMINÁT				
tloušťka membrány	6,67	1,70	4,88	10,37
celková tloušťka laminátu	111,41	4,62	102,02	122,67

Porosita ψ [%] funkční nanovláknenné vrstvy se vypočítá z plochy pórů S_p a celkové plochy S_c funkční vrstvy. Uváděná porosita je zjišťována ve 2D.

$$\psi = S_p / S_c \times 100$$

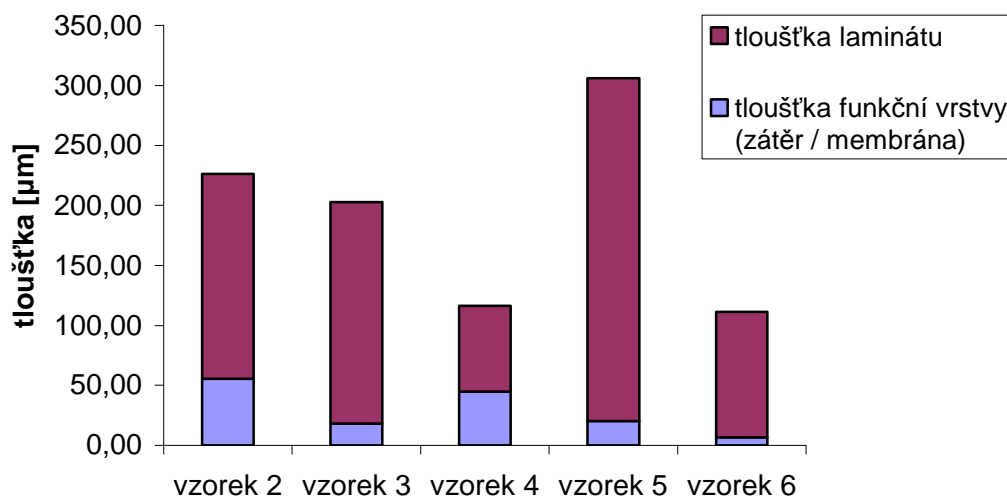
$$\psi = 8,11 / 19,8 \times 100$$

$$\psi = 40,95\%$$

3.2 Zhodnocení výsledků z obrazové analýzy pro vícevrstvé materiály

Měření potvrdilo, že tloušťky membrán jsou mnohem menší než tloušťky zátěrů, jak lze vidět na následujícím grafu 2. Nanovláknenná membrána je víc jak 2x tenčí než neporézní membrány u vzorku 3 a 5. Srovnatelné by mohly být celkové

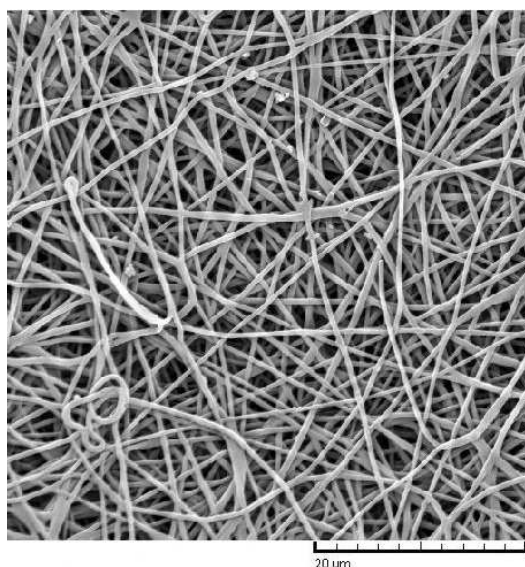
tloušťky vzorků 4 a 6, ale poměr tloušťky vrchového a funkčního materiálu je nesrovnatelný. Lze jen usuzovat, že by vzorek 6 mohl být považován za odlehčený materiál používaný na výrobu lehčího a skladnějšího oblečení, jako tomu je u vzorku 4.



Graf 2: Znázornění tloušťky funkčních vrstev a celkový tloušťky laminátů

3.2.1 Nanovláknenná membrána č.1

Na obr. 28 vidíme nanovláknennou membrána č.1 o plošné hmotnosti 6,75 g/m², která je vyrobena z polyuretanu.



Obr. 28: SEM snímek nanovláknenné membrány č.1

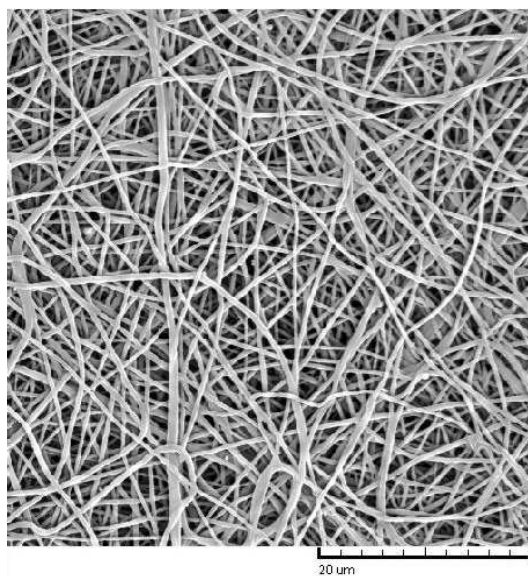
U vzorku nanovláknenné membrány č.1 byl zjišťován ekvivalentní průměr pórů, minimální a maximální průmět pórů a počet póru na 1cm^2 a průměr vláken. Naměřené průměrné hodnoty jsou uvedeny v tab. 8.

Tab. 8: Hodnoty z obrazové analýzy nanovláknenné membrány č.1

Nanovláknenná membrána č.1	průměr x
ekvivalentní průměr [μm]	0,88
minimální průmět [μm]	0,71
maximální průmět [μm]	1,43
průměr vláken [μm]	0,66
počet pórů na 1cm^2	30 913 748
plošná hmotnost [g/m^2]	6,75

3.2.2 Nanovláknenná membrána č.2

Na obr. 29 vidíme nanovláknennou membránu č.2 o plošné hmotnosti $8,5\text{ g/m}^2$, která je vyrobena též z polyuretanu.



Obr. 29: SEM snímek nanovláknenné membrány č.2

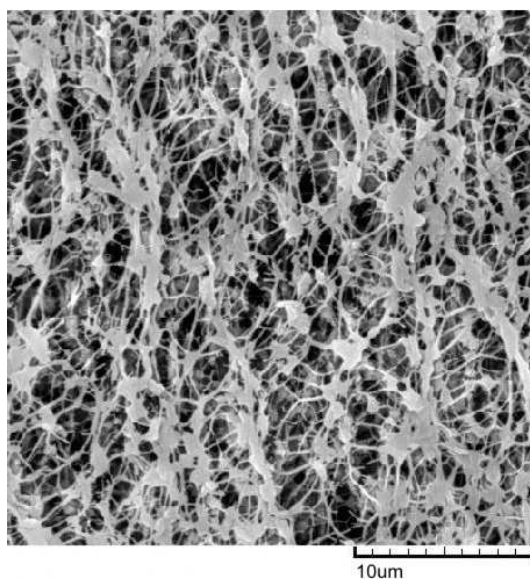
U vzorku nanovláknenné membrány č.2 byl zjišťován ekvivalentní průměr pórů, minimální a maximální průmět pórů a počet póru na 1cm^2 a průměr vláken. Přehled naměřených průměrných hodnot je uveden v tab. 9.

Tab. 9: Hodnoty z obrazové analýzy nanovláknenné membrány č.2

Nanovláknenná membrána č.2	průměr x
ekvivalentní průměr [μm]	0,52
minimální průmět [μm]	0,40
maximální průmět [μm]	0,80
průměr vláken [μm]	0,71
počet pórů na 1cm^2	60 612 768
plošná hmotnost [g/m^2]	8,50

3.2.3 Mikroporézní membrána

Mikroporézní membrána, zobrazena na obr. 30, je od firmy Singtex (Taiwan). U vzorku mikroporézní membrány byl zjišťován ekvivalentní průměr pórů, minimální a maximální průmět pórů a počet pórů na 1cm^2 , tyto průměrné hodnoty jsou uvedeny v tab. 10.



Obr. 30: SEM snímek mikroporézní membrány

Tab. 10: Hodnoty z obrazové analýzy mikroporézní membrány

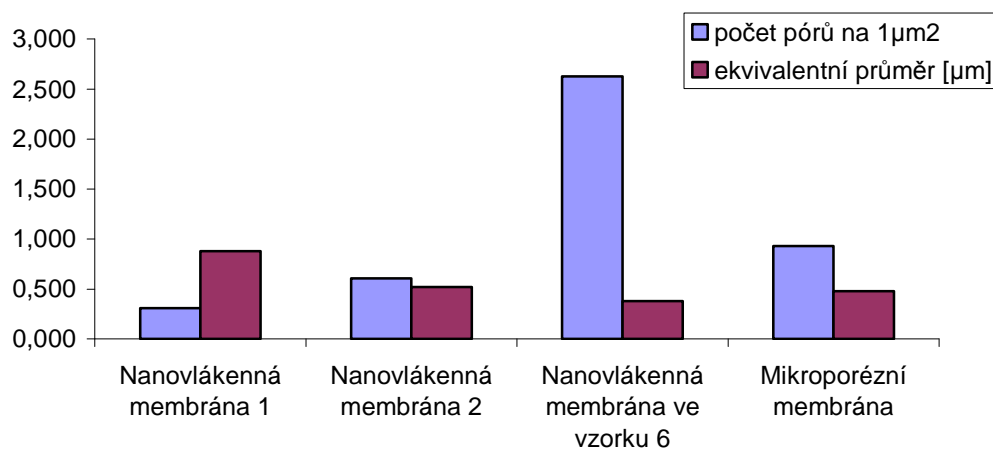
Mikroporézní membrána	průměr x
ekvivalentní průměr [μm]	0,48
minimální průmět [μm]	0,40
maximální průmět [μm]	0,76
počet pórů na 1cm^2	93 107 268

3.3 Zhodnocení výsledků obrazové analýzy pro samostatné membrány

Nejmenší ekvivalentní průměr a tím i nejvíce pórů na 1 mm^2 má nanovláknenná membrána ze vzorku 6 s plošnou hmotností $0,5 - 1 \text{ g/m}^2$, jak lze vyčíst z grafu 3. Z přehledu naměřených hodnot zobrazených v tab. 11 je zřejmé, že vůči ostatním membránám má poměrně velké póry mikroporézní membrána ze vzorku 2, ale ta je určena pro nižší výkony, jak udává výrobce. Lze předpokládat, že ostatní membrány budou více funkční, a tak určeny do oblečení, kde je potřeba vysoké výkonnosti materiálu.

Tab. 11: Přehled hodnot u zkoušených nanovláknenných a mikroporézních membrán

	Nanovláknenná membrána 1	Nanovláknenná membrána 2	Nanovláknenná membrána ve vzorku 6	Mikroporézní membrána	Mikroporézní membrána ve vzorku 2
ekvivalentní průměr [μm]	0,88	0,52	0,38	0,48	9,28
minimální feret [μm]	1,43	0,80	0,32	0,76	8,66
maximální feret [μm]	0,71	0,40	0,58	0,40	13,89
počet pórů na 1 mm^2	309 137	606 127	2 626 262	931 072	2 562
průměr vláken [μm]	0,66	0,71	0,16	-	-
plošná hmotnost [g/m^2]	6,75	8,50	0,5 - 1	-	-



Graf 3: Přehled počtu pórů na $1 \mu\text{m}^2$ a ekvivalentního průměru pórů u zkoušených nanovláknenných a mikroporézních membrán

3.4 Měření prodyšnosti

Měření prodyšnosti se provádělo na automatickém, digitálním stroji FX 3300 Air Permeability Tester III, který je zobrazený na obr. 31, vyrobeným společností TexTest Instruments, dle normy ČSN EN 83 2760. Přístroj je určen pro rychlé, jednoduché a přesné určení prodyšnosti. Princip měření spočívá ve vytvoření tlakového rozdílu mezi oběma povrchy testované textilie a měření takto vyvolaného průtoku vzduchu. V našem případě rozdíl tlaku byl 100 Pa. Textilie se vkládá do přístroje vcelku a pomocí upínací páky byla upevněna přes zkušební hlavu přístroje. Testovaná plocha činila 5cm^2 . Poté vakuové čerpadlo začalo automaticky pracovat a po několika sekundách byla hodnota prodyšnosti zobrazena v navolených jednotkách $\text{l/m}^2/\text{s}$ (po zkrácení m/s) na panelu přístroje [4].

Níže jsou uvedeny a popsány průměrné hodnoty prodyšnosti, naměřené hodnoty prodyšnosti všech vzorků jsou uvedeny v příloze.



Obr. 31: Přístroj na měření prodyšnosti - FX 3300 Air Permeability Tester III

Hodnoty prodyšnosti uvedené v tab. 12 potvrdili 100% větruvzdornost u vzorků 2 - 5. Vzorek 6 - PES tkanina s nanovláknennou membránou má prodyšnost vyšší než vzorky 2 - 5, a tak se nedá určit jeho 100% větruvzdornost.

Hodnoty prodyšnosti uvedené v tab. 13 u nanovláknenné membrány č.1 o plošné hmotnosti $6,75 \text{ g/m}^2$ a mikroporézní membrány jsou velmi nízké. Lze tyto membrány považovat téměř za větruvzdorné.

Přesnost měření nám dokazuje velmi nízká směrodatná odchylka.

Tab. 12: Průměrné hodnoty prodyšnosti dvou a třívrstevných vzorků, při tlaku 100Pa, klimatické podmínky $T = 22,8^\circ\text{C}$, $RH = 35\%$

Prodyšnost		
	průměrná hodnota [l/m ² /s]	směrodatná odchylka s
vzorek č.2	0,222	0,004
vzorek č.3	0,216	0,004
vzorek č.4	0,106	0,003
vzorek č.5	0,163	0,001
vzorek č.6	4,414	0,109

Tab. 13: Průměrné hodnoty prodyšnosti samostatných membrán, při tlaku 100Pa, klimatické podmínky $T = 22,8^\circ\text{C}$, $RH = 35\%$

Prodyšnost		
	průměrná hodnota [l/m ² /s]	směrodatná odchylka s
nanovláknenná membrána č.1	2,730	0,319
nanovláknenná membrána č.2	12,520	0,563
mikroporézní membrána	3,940	0,335

3.5 Měření propustnosti vodních par

Propustnost vodních par nebo-li paropropustnost se měřila na přístroji Permetest zobrazeném na obr. 32, patentovaném profesorem Lubošem Hesem z Fakulty textilní Technické univerzity v Liberci, dle normy ČSN EN 31092.

Základem přístroje je vyhříváná, zvlhčovaná porézní deska sloužící k simulaci procesů přenosu tepla a par, ke kterým dochází mezi lidskou pokožkou a okolím. Měření zahrnuje kombinaci různých teplot, relativní vlhkosti a rychlost proudění vzduchu. Při měření se vlhkost mění v páru, která prochází přes separační folii a přes přiložený měřený vzorek, jehož vnější strana je ofukována. Speciální snímač měří tepelný tok, kde jeho hodnota je přímo úměrná paropropustnosti p[%] textilie nebo

nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu $Ret[Pa.m^2.W^{-1}]$. V obou případech se nejdříve měří tepelný tok bez vzorku a poté znovu se vzorkem. Přístroj registruje odpovídající tepelné toky q_0 a q_v [4].

Níže jsou uvedeny a popsány průměrné hodnoty paropropustnosti, naměřené hodnoty paropropustnosti všech vzorků jsou uvedeny v příloze.

Stanovení výparného odporu dle vzorce [4]:

$$Ret = (P_m - P_a) / (q_v - q_0)$$



Obr. 32: Přístroj na měření paropropustnost - Permetest

Hodnoty paropropustnosti u vzorků 2 – 5 jsou různé, jak vidíme v tab. 14, ale žádný ze vzorků není neuspokojivý podle tab. 2 - Klasifikace látek v jednotkách Ret. Velmi dobrou paropropustnost má vzorek 3 s neporézní membránou a vzorek 6 s nanovlákennou membránou.

Hodnoty paropropustnosti samostatných membrán jsou velmi dobré, jak je vidět z tab. 15. Zde je propustnost vodních par téměř 100%.

Tab. 14: Průměrné hodnoty paropropustnosti dvou a třívrstevných vzorků a jejich zhodnocení, klimatické podmínky $T = 22,8^{\circ}C$, $RH = 35\%$

Paropropustnost			
	průměrná hodnota Ret [Pa.m ² .W ⁻¹]	směrodatná odchylka s	zhodnocení dle tab. 2
vzorek č.2	18,0	1,604	uspokojivé
vzorek č.3	5,0	0,656	velmi dobré
vzorek č.4	14,2	1,706	uspokojivé
vzorek č.5	7,4	0,351	dobré
vzorek č.6	1,8	0,115	velmi dobré

Tab. 15: Průměrné hodnoty paropropustnosti samostatných membrán a jejich zhodnocení, klimatické podmínky $T = 22,8^{\circ}\text{C}$, $RH = 35\%$

Paropropustnost			
	průměrná hodnota Ret [Pa.m ² .W-1]	směrodatná odchylka s	zhodnocení dle tab. 2
nanovlákná membrána č.1	0,13	0,058	velmi dobré
nanovlákná membrána č.2	0,30	0,100	velmi dobré
mikroporézní membrána	0,70	0,400	velmi dobré

3.6 Měření hydrostatické odolnosti textilií

Na přístroji Hydrostatic head tester SDL atlas M018, zobrazeném na obr. 33, byla měřena hydrostatická odolnost textilií, nebo-li voděodolnost textilií, dle normy ČSN EN 20 811. Měření je tlak vody úměrný výšce vodního sloupce. Tlak působí na připevněný testovaný materiál pomocí vody a stlačeného vzduchu obsaženého v hlavici zásobníku přístroje. Přírůstek tlaku byl 60cm H₂O za 1min. Výše odolnosti testovaného materiálu vůči proniknutí vody je zaznamenána ve chvíli proniknutí prvních třech kapek H₂O skrze zkoušený materiál [39].

Níže v tab. 16 a v tab. 17 jsou uvedeny a popsány průměrné hodnoty vodního sloupce, naměřené hodnoty velikosti vodního sloupce u všech vzorků jsou v příloze.



Obr. 33: Přístroj na měření vodního sloupce - Hydrostatic head tester SDL atlas M018

Vzorek 2 a 3 patří do 1.třídy odolnosti proti pronikání vody a vzorek 4 a 5 patří do 2.třídy, dle normy ČSN EN 20 811(80 0818). Lze říci, že tyto vzorky jsou vodo-odpudivé. Hodnota voděodolnosti – míra vodního sloupce u vzorků 4 a 5 je výborná, dosahuje 20 000 mm H₂O, což odpovídá technickým parametrům pro funkční outdoorové oblečení. Naopak hodnota vodního sloupce vzorku č.6 s nanovláknennou membránou nedosáhla ani minimální hodnoty 2 000mm H₂O, kterou udává norma.

Samostatné membrány nedosahují minimálního požadavku normy pro nepromokavé oděvy, a to 2 000mm vodního sloupce.

Tab. 16: Průměrné hodnoty velikosti vodního sloupce dvou a třívrstevných vzorků, klimatické podmínky $T = 22,8^{\circ}\text{C}$, $RH = 35\%$

Velikost vodního sloupce		
	průměrná hodnota [mm]	směrodatná odchylka s
vzorek č.2	10 516	269,0
vzorek č.3	9 951	723,7
vzorek č.4	19 633	852,0
vzorek č.5	20 674	960,7
vzorek č.6	971	112,1

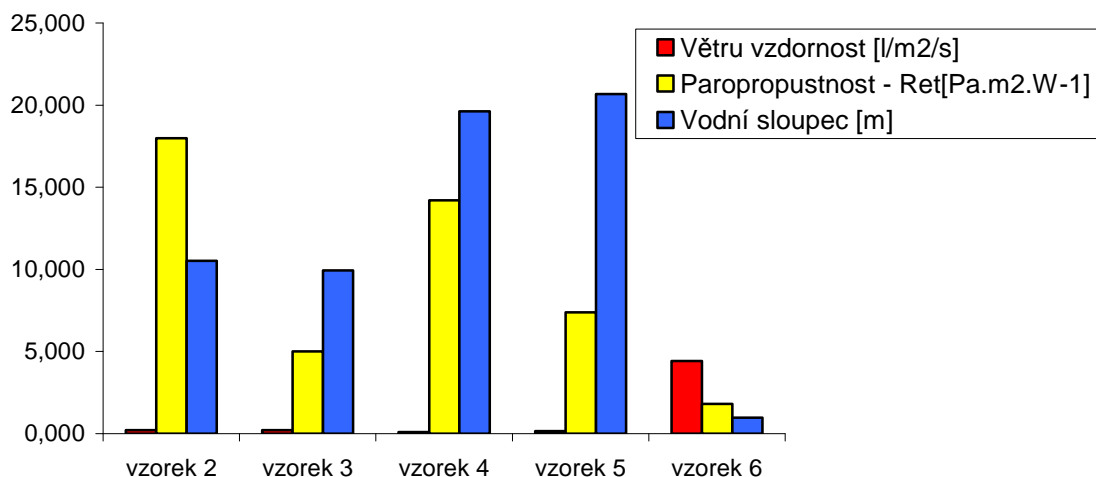
Tab. 17: Průměrné hodnoty velikosti vodního sloupce samostatných membrán, klimatické podmínky $T = 22,8^{\circ}\text{C}$, $RH = 35\%$

Velikost vodního sloupce		
	průměrná hodnota [mm]	směrodatná odchylka s
nanovláknenná membrána č.1	350	78,1
nanovláknenná membrána č.2	650	50,0
mikroporézní membrána	720	30,0

3.7 Celkové zhodnocení větruvzdornosti, paropropustnosti a voděodolnosti

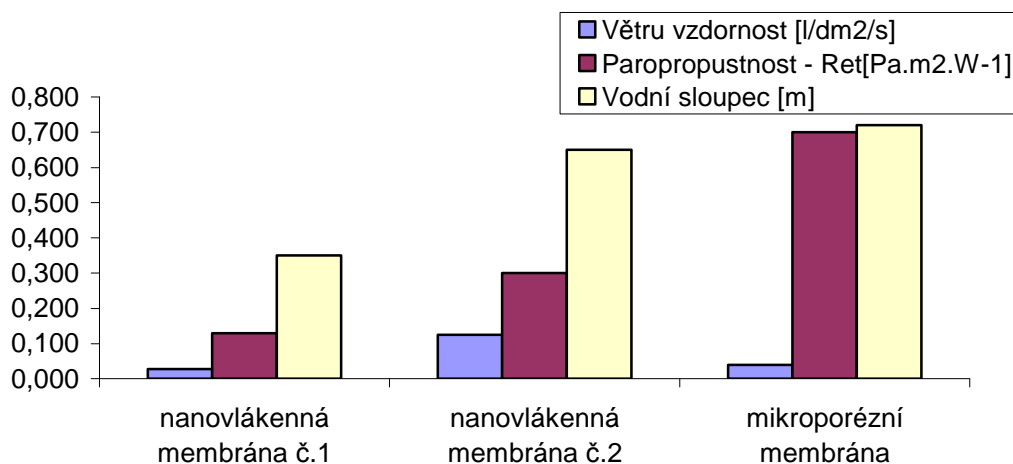
Vzorky 2 – 5 od firmy Sport Schwarzkopf dosahují velmi nízkých hodnot prodyšnosti, lze o nich říci, že jsou 100% větruvzdorné oproti vzorku 6, jak je možné vyčíst z grafu 4. Vzorek 6 není sice 100% větruvzdorný, ale jeho hodnoty prodyšnosti nejsou příliš vysoké, proto lze předpokládat při použití jiného vrchového materiálu či

vhodné laminace dobrou větruvzdornost. Paropropustnost u vzorku 6 je výborná, lepší než u vzorků 2 – 5, u kterých ale paropropustnost není nepřijatelná pro aktivní sportovní oblečení. Hydrostatická odolnost vzorků je různá, jak ukazuje graf 4 z naměřených průměrných hodnot. Kolem 20 000mm vodního sloupce dosahují vzorky 4 a 5. Na opak u vzorku 6 lze říci, že nemá žádnou odolnost vůči vodě, má minimální vodní sloupec.



Graf 4: Porovnání vlastností testovaných vzorků 2 - 6

Nanovlákné membrány se mohou pyšnit velmi dobrou paropropustností oproti mikroporézní membráně, jak je vidět na grafu 5. Čím nižší hodnota Ret, tím lépe. Prodyšnost membrán je příliš vysoká na to, aby mohla být větruvzdorná. Hodnota vodního sloupce samostatných membrán je zanedbatelná, nedosahuje ani požadovaného minima udávaného normou.



Graf 5: Porovnání vlastností testovaných membrán

4 Cenová kalkulace vzorku č.6 - laminát s nanovláknennou membránou

4.1 Technické a výrobní zhodnocení

Technické a výrobní zhodnocení se provádí za účelem posouzení vhodnosti použité technologie a zařízení na výrobu nanovláken pro možné aplikace v oblasti produkce textilních materiálů s nanovláknennými membránami. Nejprve je třeba určit některé zásadní vlastnosti a parametry technologie a zařízení. Další částí zhodnocení je orientační kalkulace ceny vybraných nanovláknenných vrstev vhodných jejich materiálovým složením pro výrobu aktivních obalů. V tomto případě je nutno definovat vhodné nosné textilní materiály, se kterými bude možno nanovláknennou vrstvu kombinovat (laminovat či jinak pojít), provozní náklady takových operací a zkalkulovat cenu nanovláknenné vrstvy [40].

Bohužel nelze snadno porovnat ceny současných textilních materiálů s membránami s materiálem s nanovláknennými membránami, jelikož u existujících materiálů není jednoduché od výrobců zjistit přesné ceny a konkrétní materiálové složení (včetně plošných hmotností, tloušťky, typu a materiálů membrán apod.). Jedinou možnou metodou je tzv. reverse engineering (zpětné inženýrství), která ovšem není zcela regulérní metodou vývoje nových materiálů [40].

Co může ovlivnit rozhodování při snaze o optimalizaci výkonu zařízení :

- **Stabilita zvlákňovaného roztoku**
- **Provozní parametry**
- **Použitý materiál**

Výrobnost nanovláknenné vrstvy je hlavně ovlivněna výběrem daného polymeru. Výkon zvlákňování je z velké části ovlivněn schopností daného polymeru tvořit nanovláknna při určité koncentraci. Použitý materiál je vhodné volit nejen z pohledu nákupní ceny, ale zejména z pohledu celkových nákladů na provoz. Možnost použití různých materiálů pro použití technologie Nanospider pro výrobu membrány je výhodou, jelikož jedno zařízení umožňuje produkovat nanovláknna z téměř jakýchkoli polymerů rozpustných ve vhodných rozpouštědlech [40].

- **Použitá rozpouštědla**

Jejich vhodnost je dána tím, zda jsou schopna dobře a rychle rozpouštět použitý materiál, jaké mají vlastnosti, zda-li je možno likvidovat a jak, v případě hotových membrán především jejich přijatelnost pro textilní průmysl (tj. zdravotní akceptovatelnost při kontaktu s lidskou pokožkou) [40].

- **Aditiva**

Použité přísady v případě membrán např.: nutnost přidávat látky s anti-mikrobiální, antimykotickou nebo naopak sorpční funkcí, které by membránám dodávaly nějakou specifickou vlastnost. Mohou ovlivnit výrobnost zařízení tím, že mění vlastnosti polymerního roztoku, a to obvykle nepříznivě [40].

- **Velikost zařízení**

Celková velikost zařízení (zejména možnost volby mezi pilotní a průmyslovou linkou a správné volby počtu tzv. výrobních jednotek, které jsou podjednotkou výrobní linky) je rozhodujícím faktorem ovlivňujícím celkový výkon zařízení. Zvažovat je třeba také celkové rozměry a vazbu na nutné periferní technologie, jako jsou zařízení na přípravu polymeru, zařízení pro automatické mytí dílů zařízení a zařízení pro úpravu procesního vzduchu [40].

- **Omezení z pohledu kombinace s ostatními textilními technologiemi**

Posouzení možnosti zařazení technologie nanospider do výrobních technologií, v tomto případě pravděpodobně výroby tkaniny nebo netkané textilie a vhodnost pro kombinaci s ostatními technologiemi [40].

- **Vhodnost pro následné operace**

Vhodnost pro další zpracování bude mít zásadní vliv na možnost použití technologie Nanospider. Posouzení vhodnosti pro další zpracování znamená zjistit či definovat, jakým způsobem mohou být vlastnosti nanovlákněné vrstvy na nosném podkladovém materiálu (obvykle tkanina nebo netkaná textilie) ovlivněny v následujícím zpracování nebo jak by mohla být sama nanovlákněná vrstva poškozena [40].

4.2 Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení se v tomto případě zabývá kalkulací ceny hotového výrobku, za přijetí určitých zjednodušení, jelikož není známo přesné složení a ceny jednotlivých komponent substitučních produktů. Kalkulace tak vychází z porovnání

ceny známého substitučního produktu se zjednodušeným kompozitem složeným z tkaniny, nanovlákněné vrstvy a krycí netkané textilie [40].

4.2.1 Nákladová cena samotné nanovlákněné vrstvy

Pro následující výpočet byl vybrán syntetický polymer polyvinylidenfluorid (PVDF), který je vysoce odolný vůči chemikáliím. Příprava polymerního roztoku z PVDF je poměrně jednoduchá, zároveň je v porovnání s jinými polymery vhodnými pro elektrostatické zvlákňování (kromě polymerů vhodných pro rozpouštění ve vodě) mnohem produktivnější a nespornou výhodou je i jeho snadná dostupnost. Pořizovací cena 1 kg polyvinylidenfluoridu v závislosti na kvalitě se pohybuje od cca 600Kč do 800Kč. U PVDF je možno dosáhnout průměrů nanovláken cca 200 nm. Obvyklým rozpouštědlem pro přípravu zvlákňovacího roztoku PVDF je dimethylformamid.

V závislosti na výsledných parametrech naměřených vzorků lze odhadovat, že potřebný nános nanovláken pro nahrazení současných membrán, tak aby bylo možno docílit požadovaných vlastností, je cca 0,5-1 g/m².

Jako výchozí výrobní zařízení pro kalkulaci byla zvolena průmyslová linka se 2 zvlákňovacími jednotkami v celkové šíři 1,0 m (obvykle dodávané zařízení pro středně-metrážní aplikace), která pro instalaci včetně periferií vyžaduje cca 500 m² podlahové plochy. Předpokládaná doba odepisování linky je 5 let (minimální životnost linky). Provozování by mělo probíhat v nepřetržitém provozu, denní doba využití linky činí 20,9 hodin [40].

Tab. 18: Na základě výše uvedených vstupních údajů, pořizovací ceny linky a odpovídajících periferií Elmarco s.r.o. se provedla kalkulace nanovlákněné vrstvy s PVDF [40]

Druh nákladu	Kč	Podíl na celkových nákladech
personální náklady	7072	18 %
materiál	11552	29 %
energie	2124	5 %
likvidace odpadu	498	1 %
odpisy	17466	44 %
správa a údržba	833	2 %
celkové denní náklady	39546	100%

Výsledná nákladová cena samotné nanovlákněné vrstvy PVDF (včetně odpisů linky) byla vypočítána na 8,2-16,4 Kč/m² pro gramáž 0,5-1,0 g/m².

4.2.2 Nákladová cena laminace krycí ochranné vrstvy

U nosného materiálu byla zvolena hustě dostavená tkanina, jejíž cena byla stanovena na základě informací od výrobce na 40 Kč/m². Cena nanovlákněné vrstvy byla zkalkulována výše v rozmezí 8,2-16,4 Kč/m² v závislosti na použitém typu PVDF. Ceny krycí vrstvy netkané textilie z polypropylenu (PP) o 5-10 g/m² se pohybují v rozmezí 5-10 Kč/m² [40].

Zbývá tak určit cenu operace laminování. Laminováním se nanese krycí ochranná vrstva netkané textilie z PP na tkaninu povlákněnou nanovlákně. Laminování lze v tomto případě provádět jednoduchým způsobem na laminovacích stroji, vstupním materiálem může být pouze tavná netkaná textilie, nebo textilie v kombinaci s tavným práškem. Jako výchozí výrobní zařízení pro kalkulaci byl zvolen průmyslový laminátor šíře 1,0 m. Předpokládaná doba odepisování zařízení je 5 let (minimální životnost). Provoz by měl probíhat v nepřetržitě, denní doba využití činí 23 hodin [40].

Tab. 19: Na základě výše uvedených vstupních údajů a pořizovací ceny laminátoru byla provedena kalkulace provozních nákladů povrstvení nanovlákněné vrstvy včetně materiálu. [40]

Druh nákladu	Kč	Podíl na celkových nákladech
personální náklady	6420	32 %
materiál	1865	9 %
energie	7030	35 %
likvidace odpadu	180	1 %
odpisy	4432	22 %
správa a údržba	320	2 %
celkové denní náklady	20047	100 %

Výsledná nákladová cena laminace PP netkaného materiálu (včetně odpisů linky) byla vypočítána na 12,1-24,2 Kč/m².

Tab. 20: Výsledná cena kompozitního materiálu [40]

Kompozitní vrstva - materiál	Gramáž g/m ²	Cena min. Kč/m ²	Cena max. Kč/m ²
tkanina - PES		40	60
nanovlákná - PVDF	0,5-1,0	8,2	16,4
netkaná textilie - PP	5-10	12,1	24,2
Celkem		60,3	100,6

Výsledná cena vrstveného materiálu byla vypočítána na 60,3 – 100,6 Kč/m². Tato cena je podobná cenám dvouvrstevných laminátů vzorků 2 – 4, která je v rozmezí 100 Kč/m² - 140 Kč/m². Lze očekávat, že případná výroba laminátů s nanovláknennými membránami do outdoorového oblečení bude za přijatelnou cenu, cenu ve které se už nyní pohybují současné lamináty.

5 Závěr

Vývoj nanovlákných membrán v ochranných oděvech zatím nedosáhl žádných uspokojujících výsledků. Jak je vidět, u samostatného měření nanovlákných membrán, hodnoty paropropustnosti jsou výborné. Hodnoty prodyšnosti jsou taky velmi nízké, a tak lze předpokládat s použitím vhodného vrchového materiálu a laminace i možné použití pro větruvzdorné kompozity. Avšak odolnost vůči vodě je velmi špatná, velikost vodního sloupce zdaleka nedosahuje minimální hodnoty nepromokavého materiálu. Vlastnosti nanovlákných membrán ovlivňuje míra plošné hmotnosti, velikost pórů a použitý materiál.

Průzkum trhu poskytl obrázek o tom, jak není lehké uspět na trhu, kvůli nízkým cenám produktů přicházejícím z Asie a Tichomoří. Ale z opačné stránky to motivuje výrobce vymýšlet nové druhy, inovovat současné výrobky, dávat jim stále lepší a lepší vlastnosti pro uspokojení našich smyslů při jakémkoli pohybu. Z mého pohledu je i důležité uvádět hodnoty funkčních textilií, jako je velikost vodního sloupce a paropropustnost, na konečných oděvních výrobcích, které chceme zakoupit od našich výrobců ze nepřiliš nízké ceny, protože jen tak víme, za co platíme.

Vzorek 6 s nanovláknou membránou i přes svoji odhadovanou cenu za 1 m², která se pohybuje v rozmezí 60,3 – 100,6 Kč/m² a tím je i srovnatelná s cenou dvouvrstevných laminátů – vzorků 2 až 4, kde se cena pohybuje kolem 100 a 140 Kč/m², je tento vzorek nepoužitelný jako funkční textilie pro outdoorové oblečení. Po zamyšlení nad využitím tohoto materiálu s nanovláknou membránou, který má výbornou paropropustnost a velmi nízkou prodyšnost, která by se mohla ještě snížit s možným jiným materiálem a laminací, by byl vhodným kandidátem pro větruvzdorné a paropropustné materiály.

Díky získanému částečnému přehledu funkčních materiálů od různých výrobců, základních cen materiálů poskytnutých firmou Sport Schwarzkopf, proměření různých vlastností, jak laminátů, tak samostatných membrán a osobním porovnání cen konečných produktů si myslím, že vývoj nanovlákné membrány určené do funkčního svrchního oblečení není nemožný. Už jen porovnání možné ceny za tento materiál, posouvá vývoj nanovlákné membrány vpřed s vědomím, že když se dosáhne požadujících vlastností funkčního oblečení pro outdoorové aktivity, nebude toto oblečení předražené, a tím tak bude i dostupné širšímu okolí potenciálních zákazníků.

POUŽITÁ LITERATURA

- 1 SVĚT OUTDOORU. *Víte co si oblékáte?* [online]. [cit. 2.10.2010]. Dostupný z www: <<http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107711-vite,-co-si-oblekate?-i>>
- 2 JOURNAL OF TBSI. *Journal of fiber bioengineering and informatics - An Overview of the Recent Developments in Materials for Sportswear* [online]. [cit. 5.11.2010]. Dostupný z www: <http://www.jfbi.org/admin/Issue/TBIS%202008_2008930152502_paper.pdf>
- 3 HIGH POINT. *Nepromokavost, voděodolnost*. [online]. [cit. 2.10.2010]. Dostupný z www: <<http://www.highpoint.cz/slovník/nepromokavost-vodeodolnost.html>>
- 4 HES, L.; SILUKA, P. *Úvod do komfortu textilií*. Skripta TU v Liberci, 2005. 109 str., ISBN 80-7083-926-0.
- 5 ISO 11092 (ČSN EN 31092). *Textilie - zjišťování fyziologických vlastností - měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou)*. Praha : český normalizační institut, 1993. 16 s.
- 6 GORE. *A Pioneer in the Development of High-Performance Textiles*. [online]. [cit. 2.10.2010]. Dostupný z www: <<http://www.gore.com>>
- 7 TILAK. *O nás*. [online]. [cit. 14.10.2010]. Dostupný z www: <www.tilak.cz/stranky.php?lang=cz&page=10&seo=o-nas>
- 8 SYMPATEX. *Innovations for improved performance and sustainability*. [online]. [cit. 14.10.2010]. Dostupný z www: <<http://www.sympatex.com>>
- 9 HUMI OUTDOOR. *Outdoorové oblečení a vybavení*. [online]. [cit. 7.9.2010]. Dostupný z www: <<http://www.humi.cz/?lg=cz&str=6&id=37&n=sympatex-professional>>
- 10 SKINSnet.cz. *Technologie SKINS*. [online]. [cit. 7.9.2010]. Dostupný z www: <<http://www.skinsnet.cz/skins-laborator/technologie-skins>>
- 11 GAMISPORT. *Membrána gelantos Gamisport*. [online]. [cit. 7.9.2010]. Dostupný z www: <<http://www.gamisport.cz/s/membrana-gelanots/>>
- 12 MARKET RESEARCH. *World Breathable Textiles Markets*. [online]. [cit. 20.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.marketresearch.com/map/prod/1494465.html>>
- 13 REPORT LINKER. *Czech Republic Textiles and Clothing Report Q4 2009*. [online]. [cit. 17.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.reportlinker.com/p0151275/Czech-Republic-Textiles-and-Clothing-Report-Q4.html>>
- 14 ČTK. *Tržby výrobců textilu a oděvů loni v ČR klesly*. [online]. [cit. 30.11.2010]. Dostupný z www: http://www.financninoviny.cz/zpravy/trzby-vyrobcu-textilu-a-odevu-loni-v-cr-klesly/442061&id_seznam=>
- 15 EUROPEN OUTDOOR GROUP. *European Market continues to grow*. [online]. [cit. 17.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.europeanoutdoorgroup.com/outdoor-news/european-market-continues-to-grow-2>>

- 16 SVET OUTDOORU. *Outdoorové novinky z veletrhu ispo winter 06*. [online]. [cit. 17.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107477-outdoorove-novinky-z-veletrhu-ispo-winter-06>>
- 17 RESERCH WIKIS. *Outdoor goods marketing reserch – Europe and Germany*. [online]. [cit. 17.11.2010]. Dostupný z www: <http://researchwikis.com/Outdoor_Goods_Marketing_Research_-_Europe_and_Germany>
- 18 BAYCHAR, N. *Lightweight, breathable, waterproof, soft shell composite apparel and technical alpine apparel*. United States. Patent Application Publication. Pub. no.: US 2008/0229484. 2008-09-25.
- 19 GORE-TEX. *Laminates – gore-tex products*. [online]. [cit. 20.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.gore-tex.com/remote/Satellite/content/what-is-gore-tex-laminates>>
- 20 GORE-TEX. *Gore-tex outerwear*. [online]. [cit. 20.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.gore-tex.com/remote/Satellite/content/fabric-technologies-outerwear>>
- 21 WINDSTOPPER. *Technology of comfort*. [online]. [cit. 18.11.2010]. Dostupný z www: <http://www.windstopper.co.uk/remote/Satellite?c=fabrics_cont_land_c&childpage name=windstopper_en_GB%2Ffabrics_cont_land_c%2FTechnologyOfComfortFrameset&cid=1151345853519&p=1151345855441&pagename=SessionWrapper>
- 22 SYMPATEX. *The benefits at a glance*. [online]. [cit. 13.9.2010]. Dostupný z www: <http://www.sympatex.com/images/uploads/PDFs%20komprimiert/SYM_067_Produktfolder_engl_final_030908.pdf>
- 23 BARTÁK COSULTING. *Sympatex technologies GmbH - výrobní program*. [online]. [cit. 18.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.bartakconsulting.com/?pageid=521>>
- 24 WINDSPORT. *High point*. [online]. [cit. 18.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.windsport.cz/Clanek/High-Point-24>>
- 25 DIRECTALPINE. *Materiály*. [online]. [cit. 18.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.directalpine.cz/a5-materialy>>
- 26 DUTTA, J.; HOFMANN, H.; SCHMIND, G. *European consortium on nanomaterials, Advanced Materiale*. [online]. [cit. 2.10.2010]. Dostupný z www: <www.fp.vslib.cz/kch/texty/fs/prednasky/Ch9-nanotechnologie.doc>
- 27 JIRSÁK, J.; LUKÁŠ, D.; SANETRŇÍK, F. et al. *Prezentace: Výroba a vlastnosti nanovláken*. [online]. [cit. 2.10.2010]. Dostupný z www: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/knt/nove/dokumenty/studmaterialy/ntt/nanoact.ppt>>
- 28 JIRSÁK, O; SENETRŇÍK, F; KOTEK, V. *Způsob výroby nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákněním a zařízení k provádění způsobu*. Patent CZ 294 274, 14.9.2004
- 29 HRŮZA, J. *Nanovláknenné filtry a jejich použití v sanačních technologiích*. [online]. [cit. 7.12.2010]. Dostupný z www: <<http://centrum-sanace.cs.cas.cz/download/tmp.nWbMrUX/upload-ARTEC-kapitola6-sidlof-hruza.pdf>>

- 30 ELMARCO. *Schaefer Technologie GmbH: Elmarco*. [online]. [cit. 25.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.schaefer-tec.com/en/basic-content/products/nanofiber-production/elmarco.html>>
- 31 LEE, S.; OBENDORF, S. K. *Use of Electrospun Nanofiber Web for Protective Textile Materials as Barriers to Liquid Penetration*. Textile Research Journal, 2007, vol. 7, p. 696-702.
- 32 SPRINGERLINK. *Fulltex.pdf* [online]. [cit. 22.10.2010]. Dostupný z www: <<http://www.springerlink.com/content/u7uv81115583k134/fulltext.pdf>>
- 33 CONLEY, J. A.; GUCKERT, J. R.; MARIN, R. A. *Liquid water resistant and water vapor permeable garments*. United States. Patent Application Publication. Pub. no.: US 20080104738. 2008-03-08
- 34 LEE, S. OBENDORF, S. K. *Developing protective textile materials as barriers to liquid penetration using melt-electrospinning*. Journal of Applied Polymer Science, 2006, November / vol. 102, no. 4, p. 3430–3437
- 35 SCIENCE DIRECT. *Journal of membrane science - Transport properties of porous membranes based on electrospun nanofibers* [online]. [cit. 20.6.2010]. Dostupný z www: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TFR-43C5254-1G&_user=640831&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1166657579&_rerunOrigin=scholar.google&_acct=C000034259&_version=1&_urlVersion=0&_userid=640831&md5=1f3dcf75be5dd8d35be68d0dac99f035>
- 36 CONLEY, J. A.; MARIN, R. A. *Breathable garment having a fluid drainage layer*. United States. Patent Application Publication. Pub. no.: US 20090123700. 2009-03-14.
- 37 HIGH POINT. *O společnosti*. [online]. [cit. 10.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.highpoint.cz/o-nas/o-spolecnosti.html>>
- 38 HES, L.; SILUKA, P. *Úvod do komfortu textilií*. Skripta TU v Libereci, 2005. 109 str., ISBN 80-7083-926-0.
- 39 DIRECTALPINE. *Testování*. [online]. [cit. 18.11.2010]. Dostupný z www: <<http://www.directalpine.cz/a263-testovani>>
- 40 Podklady z konzultantské firmy Elmarco.

PŘÍLOHA

Tabulka 1: Naměřené hodnoty prodyšnosti u všech testovaných materiálů

	prodyšnost [l/m ² /s]	průměr x [l/m ² /s]	směrodatná odchylka s
vzorek č.2	0,217		
	0,227		
	0,220		
	0,223		
	0,225	0,222	0,004
vzorek č.3	0,213		
	0,223		
	0,218		
	0,213		
	0,215	0,216	0,004
vzorek č.4	0,105		
	0,105		
	0,103		
	0,108		
	0,110	0,106	0,003
vzorek č.5	0,163		
	0,164		
	0,161		
	0,163		
	0,162	0,163	0,001
vzorek č.6	4,400		
	4,250		
	4,540		
	4,480		
	4,400	4,414	0,109
nanovláknenná membrána č.1	2,170		
	2,960		
	2,790		
	2,840		
	2,890	2,730	0,319
nanovláknenná membrána č.2	13,400		
	12,700		
	12,000		
	12,100		
	12,400	12,520	0,563
mikroporézní membrána (goretex)	4,420		
	4,080		
	3,940		
	3,690		
	3,570	3,940	0,335

Tabulka 2: Naměřené hodnoty paropropustnosti - Ret u všech testovaných materiálů

	Paropropustnost Ret [Pa.m2.W-1]	průměr x Ret [Pa.m2.W-1]	směrodatná odchylka s
vzorek č.2	19,5		
	16,3		
	18,1	18,0	1,604
vzorek č.3	5,6		
	4,3		
	5,1	5,0	0,656
vzorek č.4	12,3		
	14,7		
	15,6	14,2	1,706
vzorek č.5	7,1		
	7,8		
	7,4	7,4	0,351
vzorek č.6	1,7		
	1,9		
	1,7	1,8	0,115
nanovlákná membrána č.1	0,2		
	0,1		
	0,1	0,1	0,058
nanovlákná membrána č.2	0,4		
	0,3		
	0,2	0,3	0,100
mikroporézní membrána	0,3		
	0,7		
	1,1	0,7	0,400

Tabulka 3: Naměřené hodnoty vodního sloupce u všech testovaných materiálů

	vodní sloupec [mm]	průměr x [mm]	směrodatná odchylka s
vzorek č.2	10 214		
	10 731		
	10 602	10 516	269,0
vzorek č.3	9 822		
	9 301		
	10 731	9 951	723,7
vzorek č.4	19 001		
	20 602		
	19 296	19 633	852,0
vzorek č.5	19 758		
	21 674		
	20 591	20 674	960,7
vzorek č.6	1 098		
	885		
	931	971	112,1
nanovlákná	390		
membrána č.1	400		
	260	350	78,1
nanovlákná	650		
membrána č.2	700		
	600	650	50,0
mikroporézní	720		
membrána	750		
	690	720	30,0